1844

Boutron





Hommage

A MES PARENTS

ET A MES MAITRES,

A MONSIEUR GAULTIER DE CLAUBRY,

Membre de la Légion-d'Honneur,

PROFESSEUR A L'ÉCOLE DE PHARMACIE, ETC., ETC.,

A MONSIEUR VIOLLET,

PHARMACIEN A TOURS,

A MONSIEUR PELLETIER-DUCLOU,

PHARMACIEN A PARIS.

A. BOUTRON.

A

MONSIEUR BOUTRON-CHARLARD,

Membre de la Légion-d'Honneur,

MEMBRE DU CONSEIL GÉNÉRAL DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE, ETC., ETC.

Désirant, à mon début dans la carrière que vous avez suivie, faire quelques efforts pour me montrer digne d'un nom honorable, j'ai entrepris ce travail dont je vous prie d'accepter l'hommage.

A. BOUTRON.

RÉFLEXIONS

SUR LES RAPPORTS

DES FLUIDES IMPONDÉRÉS

ENTRE EUX,

THÈSE PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS,

le 11 mai 1844,

PAR ALEXANDRE BOUTRON,

DE PARIS (SEINE),

Bachelier, honoré d'une mention au Concours de 1843.

Grandia cœlorum mirandaque dogmata mundi,
Quidquid in orbe jacet, quæ sint primordia terræ,
Hic dantur studio, et rerum cognoscere causas.
. . . .
(Amphit. de l'École de Pharmacie.)



PARIS,

POUSSIELGUE, IMPRIMEUR DE L'ÉCOLE DE PHARMACIE,

RUE DU CROISSANT MONTMARTRE, 12

1844

PROFESSEURS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.

MM. Orfila.
Duméril.

ÉCOLE SPÉCIALE DE PHARMACIE.

ADMINISTRATEURS.

MM. Bouillon-Lagrange, Directeur.
Bussy, Trésorier.

PROFESSEURS.

MM. Bussy. Gaultier de Claubry.	Chimie.
Lecanu. Chevallier.	Pharmacie.
Guibourt. Guilbert.	Histoire Naturelle.
Guiart. Clarion.	Botanique.
Caventou.	Toxicologie.
Soubeiran.	Physique.

AGRÉGÉS.

MM. Boudet.
Chatin.
Gobley.
Buignet.
Henry.

Nota. *L'Ecole ne prend sous sa responsabilité aucune des opinions émises par les candidats.*

RÉFLEXIONS

SUR LES RAPPORTS

DES FLUIDES IMPONDÉRÉS

ENTRE EUX.

La connaissance des phénomènes de la nature, des lois qui les régissent et surtout des causes qui les engendrent, a toujours été pour l'esprit humain un triple but d'études persévérantes et de travaux sérieux, qu'il paraît destiné à continuer longtemps encore sans pouvoir épuiser le sujet. Vivement impressionné par tout ce qui l'entoure, poussé par un vif désir de tout connaître à se rendre compte des effets dont il est témoin, nous le voyons à tous les âges du monde se livrer à l'observation attentive de la création, dont il se sent le droit de sonder les secrets, mais qui ne lui montre quelques-unes de ses beautés que pour exciter son ardeur au travail, et lui laisse entrevoir dans l'origine l'existence et la constitution même des êtres, des lois mystérieuses qu'il s'est à peu près en vain efforcé d'approfondir. Cependant il ne peut se contenter d'être simple observateur de faits extraordinaires, il en veut encore connaître les lois et découvrir les causes. Il recueille donc le plus grand nombre de phénomènes qu'il lui est possible de saisir, les interroge dans leur ensemble, les groupe par analogie, leur cherche un lien commun qui lui semble devoir exister nécessairement pour assurer le maintien de l'ordre et de l'harmonie qu'il voit partout. Mais si après tous ses efforts il ne parvient pas à trouver l'esprit de la nature, il lui prête alors le sien, et invente des systèmes, car ce qu'il ne découvre pas il veut le deviner, et tant bien que mal il faut qu'il explique ce qu'il ne peut comprendre.

Ce besoin de tout expliquer est si naturel que depuis l'époque où parurent les premiers philosophes jusqu'à nos jours, la science a toujours été composée de deux parties essentielles, les faits et les théories. On sait combien elles furent d'abord bizarres, contradictoires et arbitraires. En dominant les faits, et méconnaissant ceux qui ne s'accordaient pas avec elles, elles entravaient souvent la marche des sciences, tandis que réduites à leur véritable rôle elles en favorisent au contraire le progrès ; basées sur des observations exactes, elles aident à les classer, déterminent et dirigent de nouvelles recherches ; leur importance enfin est réelle, et nous avions besoin de le constater avant de nous permettre de nous en occuper en ce moment. Ce n'est pas cependant qu'elles soient essentiellement vraies ; on les regarde bien comme telles tant que l'expérience les confirme, mais il arrive ordinairement, qu'après avoir été vérifiées par une série d'observations, elles sont contrariées par d'autres, et que par conséquent on est contraint de les modifier à mesure que les connaissances s'étendent. Tour à tour utiles ou embarrassantes, probables ou fausses, elles sont successivement proclamées ou renversées, suivant qu'elles guident les travaux ou se traînent après eux ; flambeau usé de la veille il en faut un autre le lendemain ; quelqu'ait été l'éclat de leur début, leur existence ne sera toujours que temporaire, témoin la la théorie de Volta, qui a été si utile, et qui est renversée aujourd'hui.

Néanmoins il ne faut pas renoncer à en créer de nouvelles, lorsque le hasard ou l'étude nous fait découvrir de nouveaux faits, puisqu'elles nous sont indispensables. L'esprit ne saurait en effet se livrer avec persévérance à une étude quelconque s'il n'agit sous l'influence d'une idée préconçue dont il veut juger l'exactitude pour l'adopter ou la combattre ; il ne pourrait faire des recherches sans but, et lorsqu'il s'efforce de signaler une cause ou une loi c'est que déjà il l'entrevoit. De même le chimiste serait fort embarrassé si lorsqu'il va faire une analyse il n'avait préalablement l'idée de ce qu'il peut trouver dans le corps soumis à son investigation, et quand quelque substance lui échappe, c'est souvent parcequ'il n'a pas songé à la chercher.

Lorsque des idées ou des théories consciencieusement examinées se vérifient d'une manière constante elles peuvent quelquefois acquérir une grande autorité ; c'est ainsi que Haüy, plutôt que de croire à la défectuosité de sa théorie cristallographique qu'il n'avait jamais vue en défaut, soutenait à tous les chimistes de son temps que l'arragonite contenait une trace d'un corps étranger au carbonate de chaux, et une expérience délicate prouva à la fin la vérité de son opinion. On reconnut que la présence d'une petite quantité de strontiane occasionnait les modifications d'angle qui étaient pour l'habile minéralogiste un indice certain d'une variété de composition.

Il faut donc, pour établir un système qui promette quelque durée ou en apprécier la valeur et entrer utilement dans la lutte des opinions, tenir compte des faits et des lois dont l'existence a été signalée puisque rien ne peut dominer leur autorité, prendre connaissance en un mot de l'état actuel de la science, qui, grâce au zèle infatigable d'un grand nombre d'expérimentateurs de tous les pays, est devenue d'une étendue presque effrayante pour ceux qui entreprennent de la parcourir. On sent au milieu de cette multitude d'observations combien il est utile de les classer ; beaucoup ne sont que des conséquences des idées connues d'autres, ne se rattachant encore à aucune d'elles, peuvent servir de base à de nouvelles théories, et toutes fixent d'autant plus l'attention qu'elles paraissent plus utiles pour les arts et l'humanité. Ainsi, ayant remarqué l'influence de quelques substances minérales pour favoriser la formation de certains principes végétaux, le chimiste peut en interrogeant le sol savoir quelle plante il nourrira le plus volontiers ; ce végétal à son tour, par la proportion de ses produits hydro-carbonés et sulfuro-azotés, peut faire connaître la quantité de sang et de chair musculaire qu'il produira par sa transformation dans l'économie, et fournir des indications précieuses pour l'agriculture, l'hygiène et la médecine. Connaissant encore l'action décomposante qu'exercent les métaux sur certaines solutions métalliques on peut faire d'heureuses modifications aux procédés métallurgiques et arriver à se passer de combustible,

comme cela a lieu déjà sur une grande échelle pour les mines d'or et d'argent du Mexique et du Pérou, dans des localités où il n'existe aucune matière ligneuse ou bitumineuse. Ayant observé aussi combien parmi les composés organiques ou minéralogiques que la nature produit par des réactions inappréciables le déplacement ou l'addition d'un atome ou seulement un changement d'état dans la condensation des éléments, il en est peu que le chimiste puisse reproduire bien qu'il en connaisse la composition par une analyse exacte, on ne peut s'empêcher d'avouer, en voyant cette impuissance, que les corps obéissent sous ses yeux et entre ses mains à une influence qui échappe à son attention et déjoue dédaigneusement ses efforts.

Une des théories les plus anciennes consiste en effet à ne pas regarder les propriétés de la matière comme des causes absolues, à voir dans les rapports qui unissent et harmonisent l'action mutuelle des corps l'effet d'un principe universel, d'une force supérieure, qui détermine leurs propriétés toujours uniformes dont les lois trouvées sont l'expression.

Lorsqu'on se livre à une étude sérieuse et philosophique sur l'ensemble des sciences naturelles, et qu'on examine spécialement l'action de la terre sur l'aiguille aimantée, celle du fluide électrique sur cette aiguille, les effets d'attraction et de répulsion qui se produisent entre la terre ou les aimants, et les corps conducteurs libres ou traversés par un courant électrique; la propriété qu'acquièrent les corps par leur influence réciproque aussi bien que sous celle de la chaleur et de l'électricité d'agir sur l'aiguille aimantée; l'analogie des modifications que produisent sur la matière le fluide électrique, la chaleur et la lumière, les transformations mutuelles de ces agents, de l'électricité en chaleur, de la chaleur en lumière et électricité, etc.; la présence constante de fluide dans tous les corps brutes ou organisés; lorsque, dis-je, on approfondit ces phénomènes, on est conduit à admettre ou que tous ces fluides circulent également dans les corps et que l'aiguille aimantée est sensible à toutes ces influences, ou bien que dans chacune de ces circonstances elle reçoit l'impulsion

d'un même agent qui a la faculté d'avoir des manifestations diverses. Cet agent dominerait toutes les lois qui régissent la matière, présiderait à l'attraction, l'affinité ; favoriserait la cristallisation, le groupement des molécules et leur séparation, l'accroissement des végétaux et la circulation de leurs sucs ; pourrait être retrouvé dans le corps de l'animal, dans les muscles qui font agir ses membres et le mouvement qui fait battre son cœur.

Cette force serait la même qui fait mouvoir les mondes et exerce une puissance d'attraction sur les masses aussi bien que sur les molécules ; aussi l'homme a déjà entrepris de la dompter et de s'en servir comme moteur. Ce n'était pas assez pour lui de contraindre les vents à pousser son navire d'un monde à l'autre, de retenir la vapeur captive sur son bord pour la faire ramer sur les vagues, ou de l'atteler à son char pour dévorer l'espace avec la rapidité de l'éclair en restant sur terre ou peut-être même en se guidant dans les airs malgré la fureur des vents ; il vient d'entrevoir la cause puissante du mouvement perpétuel des astres, et aussitôt il prétend s'en rendre maître. C'est encore à la présence de ce fluide dans la lumière qu'il doit de pouvoir maîtriser le soleil et fixer son ombre autrefois fugitive ; par lui aussi l'homme parvient à obtenir sur le métal la gravure exacte de l'image photographique comme si maintenant la nature ne savait plus rien lui refuser.

Nous n'avons pu résister au désir de sonder ces opinions et d'en suivre les conséquences. Nous sommes ainsi conduits à jeter un coup d'œil sur chacun des fluides impondérés et leurs rapports, sur la constitution intime de la matière, les principales lois qui la régissent, les théories voltaïques et électro-chimiques. Nous verrons dans cette discussion si dans l'action connue des fluides nous pouvons reconnaître l'influence d'une cause commune, et s'il faut attribuer à la matière des propriétés qui lui soient inhérentes.

Nous ne pouvons avoir l'intention de traiter complétement un si vaste sujet. Nous avons dû nous restreindre à un exposé rapide des idées que nous voulions faire ressortir et des principaux faits qui les

appuient, néanmoins nous avons la confiance que tel qu'il est ce travail méritera la bienveillance des professeurs, parcequ'il sera regardé comme un témoignage d'une application sérieuse. Ceux qui privés des moyens d'investigations qui permettent à d'heureux candidats d'offrir en cette circonstance les prémices de leurs travaux analytiques, ou suivant peut-être une inclination spéciale se livrent à l'étude des faits signalés par d'autres, pour les faire servir à l'établissement de lois ou de systèmes qui ont aussi leur utilité, trouveront aussi, nous en avons la confiance, bon accueil et sympathie. Cette tâche digne de nos maîtres et si habilement remplie par eux devrait leur être abandonnée, et lorsque des novices, qui n'ont d'autre titre pour marcher sur les traces du génie que leur admiration pour lui, essaient de se traîner à sa suite, ils seraient bien téméraires, si, dans le cas exceptionnel où ils se trouvent, ils pouvaient l'être. Ce qui en effet serait présomptueux dans un autre moment est permis et conseillé dans celui-ci. Les candidats peuvent donc en toute liberté dire les impressions de leur imagination, proclamer les opinions qu'ils ont des motifs pour admettre, et que les professeurs se contentent de laisser deviner lorsqu'elles sont controversibles. Dans cette occasion la timidité serait une faute, puisqu'on leur donne le champ libre à la seule condition d'émettre une opinion qui puisse supporter la discussion, car tel est le but d'une thèse.

Électricité. — Magnétisme. — Galvanisme.

Les fluides électrique, magnétique, galvanique, calorifique et lumineux ne peuvent pas facilement être comparés en masse ; les trois premiers, ainsi que les deux autres, offrent entre eux des analogies plus frappantes et plus faciles à établir. Nous examinerons donc ces deux groupes séparément. Nous ramenerons d'abord le premier à une seule individualité, que nous rapprocherons ensuite des autres fluides, et nous les aurons ainsi tous comparés et passés en revue. Pour éviter d'être long nous nous abstiendrons de descriptions d'ap-

pareils et d'expériences, leur indication seule suffira puisqu'elles se trouvent dans les ouvrages spéciaux.

En examinant comment les questions que nous nous proposons d'étudier avaient été envisagées par les physiciens, on en trouve parmi ceux-ci qui paraissent portés à reconnaître une analogie entre les différents fluides que nous avons cités, et leur autorité a contribué sans doute à propager cette manière de voir, ou au moins à la faire examiner. « Il est à présumer, dit M. Péclet, qu'ils ne sont pas « tous différents les uns des autres, et que plusieurs ne sont que des « manières d'être diverses d'un seul et même fluide, mais comme ce « ne sont là que des conjectures probables nous les admettrons « tous, nous réservant de faire connaître leur similitude. » D'autre part, Davy, qui a si bien soutenu la théorie des effets de contact, assimilait complétement l'affinité à l'électricité, et regardait celle-ci comme cause de l'attraction moléculaire. Il est intéressant de savoir ce que les faits nouveaux peuvent avoir ajouté de probabilité à ces diverses opinions, et tel est aussi le but vers lequel nous allons tendre. Ces citations suffisent pour montrer que nous ne marchons pas à l'aventure et que ces questions ont déjà été nettement posées et sérieusement étudiées ; tellement que nous n'aurons qu'à reproduire en grande partie les opinions émises par Davy, Ampère, Berzélius, Becquerel, etc., et à les combiner pour appuyer notre système, tout en tenant compte des faits que nous aurons soin de prendre dans tous les règnes de la nature.

Les mots dont on est obligé de se servir pour rendre une idée deviennent souvent une source de confusion dans le langage scientifique, à cause des variations continuelles auxquelles les sciences sont sujettes, car à mesure qu'elles progressent le sens des mots qui les désigne doit également augmenter en étendue et en compréhension, suivant qu'elles s'accroissent d'un nouvel ordre de phénomènes et s'enrichissent de nouveaux faits ; aussi est-il toujours utile, si ce n'est indispensable, d'avoir des définitions bien précises, que l'on est obligé de varier lorsque l'état de la science l'exige, et qui donnent la me-

sure de la signification des mots employés. Si donc on cherche la définition de chacun des fluides impondérés, on trouve que les uns n'en ont pas de faite et que celle des autres n'est plus en rapport avec le nombre et la nature des propriétés qu'on leur connaît. Par conséquent l'idée attachée aux noms qui les désignent, si elle se rapporte à la définition, est une idée incomplète; et si elle se déduit de l'état même des connaissances, elle ne peut être exacte, car elle devra varier pour chaque individu, suivant le nombre de faits qu'il connaît, et sa manière de les envisager. Ainsi les mots dont nous parlons ne peuvent avoir qu'un sens arbitraire, vague et sans portée, et s'appliquer à tout, puisqu'ils n'ont plus de signification précise. Tel est à peu près le sort des mots *magnétisme, électricité*, qui ont toujours eu un sens mystérieux et n'indiquent souvent rien autre que l'impossibilité où l'on est de préciser ses idées ou d'expliquer les phénomènes que l'on veut paraître comprendre.

Les définitions doivent porter sur la nature même de l'être qui en fait l'objet ou sur sa propriété la plus essentielle afin de fournir un caractère distinctif. Or nous allons voir que les définitions existantes des fluides impondérés ne satisfont pas à ces conditions, et qu'étant convenablement établis elles font déjà ressortir leur similitude : c'est à cela sans doute autant qu'à la difficulté qu'il y a de le bien faire qu'il faut attribuer la répugnance que l'on semble éprouver à les définir. Il est vrai que pour ceux qui apprennent il n'est pas bien nécessaire d'avoir une définition préalable ; mais dans une discussion où chacun peut employer le même mot dans un sens différent cela est indispensable.

L'électricité, suivant les auteurs, est la propriété qu'acquiert un bâton de cire d'Espagne par le frottement d'attirer les corps légers ; ou encore c'est la propriété qu'acquiert un bâton de cire et de verre frottés avec de la laine de s'attirer mutuellement, tandis que deux bâtons de même substance se repoussent, et de communiquer momentanément aux corps légers qu'ils touchent la faculté d'agir entre eux s'ils sont mauvais conducteurs.

Le magnétisme est la propriété que possèdent quelques mines de

fer à un état d'oxidation intermédiaire d'attirer par certains points de leurs surfaces le fer, le nickel, le cobalt; ou bien c'est la faculté que possèdent deux points attractifs et opposés d'un aimant librement suspendu de se tourner, l'un vers le nord et l'autre vers le sud, et la propriété de deux aimants de s'attirer mutuellement par les points qui prennent une position différente vis-à-vis des pôles de la terre, tandis qu'ils se repoussent par ceux qui prennent une semblable direction.

Le galvanisme est la propriété que possède un arc métallique composé de deux métaux, zinc et cuivre, soudés, avec lequel on met en rapport le muscle et le nerf lombaire d'un cadavre de grenouille récent, de lui faire éprouver des convulsions.

Ou bien, étant disposé un appareil composé de disques doubles formés par l'assemblage de deux métaux différents, et chaque disque étant séparé par un corps humide et réuni de manière que les métaux alternent exactement, c'est la propriété que possède cet appareil de faire éprouver une commotion au muscle vivant ou dans lequel la vie n'est pas complétement éteinte, qui en fait communiquer les deux extrémités. Ou encore c'est la faculté qu'acquière chacune d'elle d'attirer des corps légers librement suspendus et de les repousser après le contact.

Pour donner de la lumière et de la chaleur une définition qui soit en rapport avec celle des autres fluides, il faudrait la baser sur la manière dont elles impressionnent notre organisme, car il n'y aurait pas eu de lumière pour nous si nous n'avions eu un organe de la vision, ni chaleur si notre organisme n'avait pas la propriété d'en percevoir la sensation.

Ainsi nous pourrions dire : la chaleur est cette faculté que possèdent le soleil, les foyers artificiels et les corps échauffés de nous faire éprouver une sensation spéciale, agréable lorsque la température qu'ils nous communiquent reste dans les limites de celle nécessaire aux fonctions de l'organisme et pénible lorsqu'elle sort de ces limites.

La lumière est cette propriété que possèdent les astres, les différents

foyers et les objets éclairés d'agir sur la rétine, de telle manière que nous percevons une idée de la source lumineuse par l'impression que reçoit notre œil. Mais les définitions basées sur l'impression de l'organisme ne peuvent être absolues, et en sondant la nature intime des choses on peut en donner de plus scientifiques.

Si on est parvenu à établir des différences entre les fluides impondérés d'après des propriétés spéciales, il sera bien plus facile de les rapprocher par des caractères généraux. Et d'abord ce sont des fluides, tout le monde l'admet; ce mot comporte l'idée extraordinaire d'une substance immatérielle dont la mobilité ne connaît aucun obstacle, circulant dans les corps les plus compactes ou se répandant à leur surface, et dont la présence ne peut, dans tous les cas, être accusée que par l'influence qu'elle exerce sur les corps, et par les propriétés qu'elle leur communique. Alors on peut dire : l'électricité est un fluide que l'on peut facilement développer par le frottement à la surface des corps mauvais conducteurs, où il peut séjourner quelques instants et leur communiquer des propriétés d'attraction et de répulsion.

Le magnétisme est un fluide qui peut sous diverses influences se fixer en certains points de quelques corps auxquels il communique des propriétés attractives et répulsives pour certains métaux.

Le galvanisme est un fluide qui peut circuler à la surface et à l'intérieur des corps conducteurs indépendamment des molécules si le courant est très faible, ou, dans le cas contraire, en les dérangeant et leur communiquant des propriétés attractives et répulsives entre elles qui favorisent leur groupement et leur séparation.

La chaleur est un fluide jouissant d'une grande force expansive, qui pénètre tous les corps, possède pour tous une affinité variable avec leur nature et les circonstances dans lesquelles ils se trouvent, et qui contribue, avec l'attraction moléculaire, à déterminer les différents états des corps.

La lumière enfin est, suivant Descartes, un fluide élastique éthéré qui impressionne les corps par des ondulations et en traverse un cer-

tain nombre plus ou moins complétement. Mais ces définitions n'offrent pas encore de caractère distinctif pour signaler ces fluides partout où ils se trouvent à l'état libre ; il faudrait donc pour en découvrir les moindres traces trouver un moyen qui, pour confirmer notre manière de voir, devrait être le même pour tous. Nous trouvons en effet cette propriété, d'être semblablement influencé par tous les fluides, dans le galvanomètre, appareil composé d'une aiguille aimantée placée au milieu d'un cadre supportant les nombreuses circonvolutions d'un fil de cuivre enveloppé de soie, de manière à offrir au courant qui le parcourt la facilité d'agir plus efficacement sur l'aiguille et de produire une déviation plus considérable. Cette déviation se fait de manière que le pôle austral de l'aimant est porté à gauche du courant, le sens et la position de celui-ci étant indiqués par celle d'un homme qu'on supposerait couché sur le fil, les pieds vers le pôle positif et regardant l'aiguille. Cet appareil, étant semblablement influencé par tous les fluides en variant simplement les intermédiaires pour chacun, indique sinon une identité parfaite entre eux au moins une analogie extraordinaire, analogie que nous verrons se reproduire encore dans leur action sur les corps.

Pour les substances qui conduisent mal les fluides, nous serons obligés pour en signaler la présence d'employer l'électroscope, condensateur à feuille unique suspendue entre les pôles différents de deux piles sèches. Mais il est facile de montrer que la force qui agit dans cet appareil est la même que dans le galvanomètre et que la différence de conductibilité des corps soumis à l'expérience est la seule réelle.

Ce fluide universel, qui doit renfermer l'idée de tous les autres, que nous reconnaissons comme une force qui peut modifier l'état moléculaire des corps, et agit sur l'aimant du galvanomètre en circulant dans le fil du multiplicateur, mériterait un nom spécial, car aucun de ceux des fluides ne peut lui convenir rigoureusement, celui d'électricité moins encore que les autres. Ils doivent d'ailleurs être tous maintenus dans leur sens actuel puisqu'ils seront toujours né-

cessaires pour exprimer des manifestations qui produisent des effets divers sur les corps et les différents organes de l'économie : c'est ainsi qu'on aura toujours besoin dans les circonstances ordinaires de distinguer par des noms différents les sensations de lumière et de chaleur, et de rapporter à des causes différentes ces diverses impressions. De même que cette propriété du fluide, de se fixer avec des actions différentes à certains points de l'aimant, du fer, de la tourmaline sous des influences variées, devra toujours être distinguée de l'attraction produite par le frottement ou les pôles d'une pile.

Afin donc de ne pas détourner un mot d'un sens qu'il doit garder, nous nous verrions obligé d'en demander un aux étymologies grecques comme cela se pratique ordinairement. Suivant nous, il devrait rappeler son pouvoir extraordinaire pour déplacer les molécules et les masses, et ce caractère propre, qui ressortira je pense de ce travail, d'être la cause et la source de tout mouvement, ce qu'exprimerait l'association des mots αρχη, *source*, *origine* et κινησις, *mouvement*, dont on pourrait faire, en tâchant de ménager l'oreille, *arcanésité*, fluide *arcanésique;* mais ne voulant pas nous permettre une semblable innovation qui, fût-elle raisonnable, ne pourrait être acceptée que sous l'influence d'un patronage éminent, nous nous servirons du mot électricité, qui s'est toujours prêté avec tant de souplesse à représenter toutes les idées qu'on a voulu y adapter : nous croyons qu'avec les explications qui précèdent il ne peut y avoir d'équivoque sur le sens que nous y attachons.

Dans cet examen des fluides impondérés nous raisonnerons immédiatement d'après cette pensée, dont nous chercherons la vérification et la preuve, que le fluide électrique est la source de tout mouvement et la cause des actions chimiques, et que par conséquent tout changement dans l'état moléculaire des corps se révélant par des popriétés nouvelles, indique qu'il a subi l'influence de l'électricité. La modification moléculaire se borne souvent à la surface et est peu appréciable, mais le fluide qui se trouve libre pendant l'action est presque toujours sensible aux instruments que nous avons indiqués.

Ce fluide libre n'est que l'une des deux forces dont l'équilibre parfait forme l'électricité naturelle des corps ; il fallait bien en effet pour qu'il pût être la source des mouvements de la matière que cet agent renfermât en lui-même la puissance et la résistance, avec la facilité de se rétablir spontanément en équilibre et de dissimuler ainsi sa présence. Cet équilibre est facile à rompre, mais il est excessivement difficile de maintenir ces forces séparées, tant elles cherchent avec énergie à se recombiner au moment même où on les séparent, surtout lorsqu'elles sont en présence de corps bons conducteurs qui n'offrent pas d'obstacle à leur circulation. Cependant, quand dans ces corps la quantité des fluides séparés est considérable, on peut le reconnaître avec le galvanomètre ; la rapidité avec laquelle ils parcourent, chacun en sens inverse, le fil conducteur qu'on leur offre pour circuler ne leur permettant pas de se recombiner en route, ce qui est une circonstance remarquable qui trompe les prévisions. On conçoit facilement dès à présent que dans le mouvement de deux fluides dont l'affinité est si puissante la matière puisse être entraînée et mise en mouvement. Déjà nous avons vu que, développés à la surface de corps mauvais conducteurs, où l'on pouvait les étudier séparément, ils avaient pour caractère spécial d'attirer les corps légers ; mais ces effets sont bien plus remarquables lorsqu'un courant traverse un corps offrant peu de cohésion, comme des sels en solution dont il sépare et transporte les éléments vers chaque pôle, ou lorsqu'on place des cônes de charbon à l'extrémité des fils conducteurs rapprochés de manière que le fluide puisse s'élancer de l'un à l'autre, etc.

Électricité.

Nous avons dit que les indications de l'électroscope révélaient avec le galvanomètre la présence du même fluide électrique, si ce n'est que dans l'un, on observe chacune des forces en mouvement, et que dans l'autre elles sont en repos ; établissons de suite ce fait, d'où résultera l'identité des fluides électriques et galvaniques et qui nous

permettra de ne plus revenir sur ce point. Cet appareil, composé d'une pile et d'un condensateur, indique par sa construction même que l'électricité libre ou en mouvement peut être de deux natures, résineuse ou vitrée, positive ou négative, puisque les fluides de noms contraires, quelle qu'en soit la source, cherchent à se combiner, et que la feuille d'or, chargée de l'un ou l'autre, se porte vers l'un des pôles et se trouve repoussée par le pôle opposé de la pile.

Cette électricité de tension, accumulée ordinairement par le frottement de substances qui lui offrent une circulation difficile, peut produire aussi des courants et des actions chimiques dans les corps que traversent les fluides au moment de leur combinaison, qui s'opère presque toujours avec chaleur et lumière suivant la tension. Wollaston est parvenu à décomposer de l'eau en conduisant les électricités dans le liquide par des fils métalliques très fins et isolés afin de ne laisser déboucher les fluides que par les extrémités placées à une très petite distance. Si on place ces pointes sur un papier de tournesol humide, on aperçoit bientôt une coloration rouge, indice d'une décomposition, sous celle qui amène le fluide vitré. En faisant une expérience semblable avec des pétales de fleurs rouges, on obtient une tache bleue au pôle résineux.

Ces expériences peuvent se faire avec une machine ordinaire, dont le conducteur chargé d'électricité vitrée soutire le fluide résineux d'un corps voisin communiquant avec le sol, en faisant passer les étincelles à travers la substance à expérimenter. On pourrait sans doute aussi avec une construction spéciale recueillir les fluides développés directement sur chacun des corps frottés en les armant de garnitures métalliques, comme cela se fait déjà pour prendre le fluide résineux sur les coussins. L'électricité ainsi obtenue ne peut acquérir qu'une certaine tension maximum, au-delà de laquelle les conducteurs perdent dans l'atmosphère autant qu'ils gagnent, et la recomposition des fluides au contact même des surfaces où ils se développent devient si considérable qu'une petite quantité seulement est mise en liberté. Les courants que l'on cherche donc à établir de cette

façon sont extrêmement faibles, puisqu'ils ne sont entretenus que par la quantité très limitée de fluide qui se forme en un instant donné. Mais on peut, en mettant en communication avec un conducteur les deux armures d'une forte batterie électrique, obtenir des effets plus énergiques. Si, par exemple, le fil conducteur est très fin, il peut être déchiré, brûlé, volatilisé, absolument comme cela aurait lieu sous l'influence d'un courant galvanique assez intense.

L'électricité de tension n'est pas spéciale à une classe de corps ; elle peut non seulement se recueillir pendant les actions mécaniques sur les corps mauvais conducteurs, mais encore sur ceux qui conduisent bien, et aussi pendant les actions chimiques, quoique dans ces circonstances sa présence soit plus facile à constater avec le galvanomètre. Pour obtenir par le frottement mutuel des métaux des effets de tension, on réduit l'un des deux en limaille, on projette celle-ci sur l'autre lame en communication avec le sol et inclinée au dessus du plateau d'un électroscope sur lequel les particules métalliques viennent se poser, après avoir glissé sur la lame inclinée en se chargeant d'un excès de fluide dont l'appareil indique la nature. La limaille de même métal que la plaque prend un excès d'électricité négative comme cela arrive lorsque l'on frotte un corps à surface rugueuse contre le même à surface lisse. Cette propriété est très sensible avec le cuivre et les métaux oxidables, zinc, plomb, étain, fer, bismuth, etc.

On peut aussi charger l'électroscope au moyen d'actions chimiques, en fixant à la tige de l'appareil un creuset de platine dans lequel on met de l'acide et y plongeant un corps attaquable comme du zinc; le fluide positif qui est pris par l'acide est rendu sensible par l'instrument. En opérant d'une manière semblable, on voit que pendant l'évaporation d'un liquide le résidu prend le fluide négatif, tandis que le positif est emporté par la vapeur. Dans la combustion du charbon, opérée au dessus du plateau du condensateur, le charbon prend le fluide négatif, et le gaz qui se dégage le positif. Signalons aussi dès à présent, avec le même instrument, l'influence de la

chaleur et de la lumière sur le dégagement de l'électricité. Lorsque l'on chauffe jusqu'à l'incandescence une spirale de platine, en communication avec l'élcetroscope, on remarque que le fil rougi est négatif tandis que la flamme est positive; et dans la décomposition du chlorure d'argent par la lumière, on peut voir que le chlore, en se dégageant, emporte le fluide négatif et que la lame chlorurée demeure positive.

Ces considérations suffisent, ce nous semble, pour montrer que le fluide, qui se développe sur des corps dans la masse desquels il peut circuler facilement, est le même que celui qui apparaît sur la surface de ceux qui ont la propriété de l'y retenir avec une certaine ténacité, et qu'il est impossible de ne pas confondre des forces qui agissent également sur l'électroscope et le galvanomètre. Cet instrument d'ailleurs est sensible aussi, d'après Collardon de Genève, au courant formé en réunissant avec ses frottoirs par un fil métallique le conducteur d'une machine électrique en mouvement.

Magnétisme.

Le galvanomètre nous fournit, par les principes qui président à sa construction, des arguments pour notre seconde proposition, à savoir la similitude de la force qui produit les phénomènes magnétiques avec celle qui préside aux courants électriques. Lorsqu'en effet Œrsted et ensuite Ampère eurent déterminé cette étrange propriété des aimants, d'indiquer, par le sens de leurs mouvements, la direction des courants à l'influence desquels ils sont soumis, ils donnèrent un grand crédit à cette opinion, qui détermina, sur la constitution moléculaire, des théories fort ingénieuses. Connaissant donc les principales propriétés de l'électricité et du magnétisme, faisons ressortir leur analogie. Les courants, d'après Faraday, en traversant un fil conducteur, peuvent exercer sur un fil voisin non traversé une action telle qu'ils y déterminent un courant d'induction, au moment seulement où le courant inducteur commence à circuler, et un en sens

contraire dans l'instant où il est suspendu. Or les aimants peuvent déterminer des phénomènes semblables. Si on approche un barreau aimanté du centre d'une bobine enroulée d'un fil métallique dont les extrémités sont en rapport avec un multiplicateur, il détermine de même un courant dans un sens au moment où on l'approche et un en sens contraire dans celui où on l'éloigne de ces circuits métalliques.

Les courants, qui produisent des effets d'induction ainsi que le barreau aimanté, peuvent réciproquement développer la propriété magnétique dans le fer. Lorsque l'on entoure avec un fil conducteur enveloppé de soie les extrémités d'un fer doux semi-circulaire, en formant des hélices en sens inverse l'une de l'autre, et qu'on fait circuler un courant, on obtient un aimant très puissant dont l'énergie et la durée dépendent de celles de la pile. Si on agissait sur de l'acier, sa polarité se maintiendrait d'une manière fixe aux extrémités du barreau. Quand d'autre part on applique un fer doux ainsi entouré et contourné en fer à cheval sur les pôles d'un barreau aimanté de même forme, on remarque dans les fils métalliques un courant d'induction qui varie de sens, suivant que l'on éloigne ou que l'on applique l'une sur l'autre, par un mouvement de rotation, les extrémités du fer doux et de l'aimant. On peut obtenir avec cette disposition de belles étincelles et de légères commotions.

M. de la Rive a su mettre à profit cette faculté des fils galvaniques de produire des courants d'induction dans un conducteur voisin, pour augmenter la force d'un seul couple au moyen d'un appareil dans lequel on voit le courant d'induction agir aussi comme force mécanique pour faire mouvoir un appendice en fer qui fait varier le circuit.

Il était intéressant de savoir si la terre, qui agit sur les courants voltaïques, comme étant enveloppée par un courant qui irait de l'est à l'ouest, puisqu'elle imprime aux conducteurs mobiles des mouvements d'accord avec ce principe, que les courants qui vont dans le même sens s'attirent et ceux qui cheminent en sens opposés se

repoussent; si la terre, dis-je, qui influence l'aiguille aimantée de manière à lui faire prendre une position perpendiculaire à la direction de ce courant, comme cela a lieu sous l'action d'un conducteur, produirait aussi des courants d'inductions. Faraday le soupçonna par l'effet que produit un aimant lorsqu'on l'approche du centre d'une spirale de cuivre. Il observa que les mêmes spirales indiquaient un courant d'induction momentané lorsqu'on les mettait brusquement dans le plan du méridien; mais l'effet était très difficile à apprécier. Palmieri et Linari (*Annales de chimie et de physique*, août 1843.), ont trouvé moyen de constater ce fait d'une manière plus évidente; ils ont construit une pile dont chaque élément, qui reçoit un effet d'induction, est formé d'un morceau de canon de fusil enveloppé en partie d'un fil métallique recouvert de soie, et se trouve placé sur un axe en bois au moyen duquel on peut faire tourner l'appareil dans le plan du méridien. Ils ont obtenu par ce moyen un courant assez intense pour donner une secousse dans les doigts en prenant dans les mains les deux extrémités des fils munis de cylindres de cuivre, et pour décomposer l'eau en plaçant les pointes métalliques sous une même éprouvette avec une spirale de fer pour absorber l'oxigène. Dans ces effets d'inductions, on peut concevoir que le courant réagit sur l'électricité naturelle du corps voisin, de manière à chasser l'un des fluides sous forme de courant instantané, fluide qui rentre de la même manière en produisant un effet inverse, lorsque le courant inducteur vient à cesser.

La terre qui détermine des courants momentanés, comme nous venons de le voir, peut aussi fixer la propriété magnétique dans des barres de fer qui sont pendant longtemps placées dans la direction de l'axe magnétique du globe, de même que nous produisons un effet semblable, mais plus sensible à l'aide des courants surtout sous forme de solénoïde lorsque l'on place un barreau d'acier dans l'intérieur de ces appareils.

La similitude des propriétés entre le solénoïde et l'aiguille aimantée, par rapport à l'action que la terre ou le fil galvanique exerce sur eux,

a été démontrée par les expériences de Laplace, et a conduit Ampère à regarder les aimants comme soumis à l'influence de courants moléculaires qui circulent perpendiculairement à leurs axes. Cette supposition, qui rend très bien compte des phénomènes, contribue encore avec les motifs que nous avons exposés à lier intimement les forces magnétiques et galvaniques. Il est à propos de remarquer aussi que les aimants peuvent directement sans l'intermédiaire des courants d'induction produire des modifications dans l'état moléculaire des corps. C'est ainsi que la teinture de chou-rouge passe du vert au rouge sous l'influence du pôle d'un aimant, et reverdit en suite naturellement ; et qu'un fil de fer aimanté plongé dans de l'acide nitrique est plus attaqué au pôle austral que partout ailleurs, ce qui indique une action spéciale en ce point.

Quoique nous ne devions plus fixer spécialement notre attention sur l'électricité développée par le frottement des corps mauvais conducteurs, il n'est cependant pas inutile de remarquer ici que l'on peut aimanter aussi une aiguille en la mettant dans un tube environné d'un fil en spirale dont une extrémité est mise en rapport avec les coussins, et l'autre soutire le fluide du conducteur de la machine. On peut aussi obtenir ce résultat en plaçant l'aiguille en croix sur le fil conducteur avec une des extrémités duquel on tire des étincelles, de manière à avoir un courant interrompu, mais alors les pôles sont variables dans leurs positions, sans doute à cause que l'étincelle jaillissant tantôt d'un point tantôt de l'autre, suivant que l'excès de fluide se trouve sur le conducteur ou sur les frottoirs, le courant est lui-même variable dans le fil.

Ces faits nous paraissent renfermer quoique bien succinctement les principales analogies de propriétés des trois premiers fluides que nous nous étions proposé d'examiner sous ce point de vue, et permettent certainement de croire à leur similitude ; mais voyons encore s'il n'en découle pas quelqu'autre conséquence théorique.

Gravitation. — Si d'après ce qui précède il paraît infiniment probable que la force qui préside aux phénomènes magnétiques n'est

qu'une particularité d'action de celle qui agit dans les effets galvaniques, il n'en ressort pas moins clairement que les diverses influences de la terre sont dues à une force semblable ; lorsque surtout on fixe un instant son attention sur les effets variés de mouvement, suivant la forme des appareils, que peuvent produire toutes ces forces par l'action mutuelle, tant des courants entre eux que des aimants avec les courants, et de la terre avec ceux-ci. On peut en effet avec des constructions ingénieuses faire tourner un fil conducteur autour d'un aimant ou un aimant au moyen d'un courant, parallèlement à son axe ou autour de celui-ci; ou encore faire tourner un courant horizontale mobile autour d'une de ses extrémités par l'influence de la terre, etc.

Lorsqu'en outre on voit la puissance d'attraction de ces différentes forces agir toujours en raison inverse du carré des distances et suivant leur intensité, et que d'après Newton tous les corps de la nature s'attirent en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de leur distance, on se sent singulièrement porté, par la similitude de ces lois, à attribuer les propriétés de la matière à la présence de la force puissante et universelle qui la pénètre, puisque aussi bien, avec cette manière de voir, on pourrait également tout expliquer.

Newton, après avoir déduit des belles observations de Képler cette fameuse loi de l'attraction des masses, trouva avec elle, et à l'aide d'une impulsion initiale, l'explication de tous les phénomènes de la gravitation, du mouvement des planètes autour du soleil, de leur rotation sur elles-mêmes, du mouvement des satellites et de ceux des comètes. Mais si toutes les planètes sont comme la nôtre enveloppées de courants qui déterminent en même temps des propriétés attractives vers les pôles, et il est difficile de les concevoir autrement, qui voudrait affirmer que l'équilibre et la gravitation des mondes ne sont pas dus à la force électrique qui, exerçant son influence sur tous, les fait mouvoir autour de certaines sources de fluides sans qu'ils puissent jamais se soustraire à des influences réciproques, qui les maintiennent dans leur orbite et imprime aussi au soleil un mouve-

ment de rotation sur lui-même ; peut-être même que cette force emporte dans l'espace, avec leurs positions relatives, ces myriades de mondes composant ce vaste univers, cette sphère immense dont, suivant Pascal, le centre est partout et la circonférence nulle part?

Constitution moléculaire. — Si maintenant nous voulions nous faire une idée de l'attraction des masses et des molécules entre elles, habitués que nous sommes à voir la nature déployer autant de luxe dans les petites choses que dans les grandes, nous serions tentés, nous plaçant à un point de vue que l'imagination soutient à peine, de considérer l'univers comme composé d'un vaste amas d'atomes, maintenus à distance par une force puissante, enveloppés de fluide électrique et doués de polarité sous l'influence du courant qui les entoure ; regardant en un mot comme vrai pour la matière en général ce qui l'est pour les corps célestes, puisque c'est la même loi qui partout régit l'attraction, nous reporterions ces idées de cosmographie à la constitution même des atomes ; et si on les voyait se comporter dans les actions chimiques, dans leurs mouvements et leurs influences réciproques, absolument comme les astres sous la puissance du soleil, ce que l'expérience confirme, on conviendrait sans doute volontiers que, puisque nous sommes obligés de nous faire une idée de choses mystérieuses, il n'est guère possible d'en émettre une plus en harmonie avec les faits, plus digne du Créateur et de la création, plus poétique et plus sublime.

On a tant dit que la matière est inerte, que vouloir lui reconnaître des propriétés attractives sans s'inquiéter de la force qui régit ce phénomène c'est admettre un fait sans cause, comme on le fait aussi généralement pour les actions chimiques et le mouvement des molécules. Dans notre manière de voir, la cause de l'équilibre et du mouvement moléculaire serait la puissance electrique. Nous nous représentons donc un atome dans les mêmes conditions que notre planète, nous le voyons, avec M. Ampère, enveloppé d'une couche d'électricité de nom contraire à celle qui est intérieure, maintenue en équilibre et dissimulée par leur action réciproque, pouvant, à la

moindre influence, se mettre en mouvement autour de lui et déterminer une polarité, que Berzélius admet comme un état normal, par suite de l'extension de l'idée qui lui a été fournie par la polarité que conservent jusque dans leur plus grande division les fragments de tourmaline échauffée.

On peut expliquer facilement avec ce système l'action que peuvent éprouver deux corps à leur approche, car le contact n'est jamais parfait. Si l'atmosphère électrique de leurs atomes est de même nature, il peut varier d'étendue, de condensation ; cette différence suffira pour que l'action de l'un prédomine ; il attirera à l'extérieur le fluide de nom contraire, repoussera l'autre à l'intérieur, et si les différences sont considérables, il peut déterminer un courant inter-moléculaire, la polarité des atomes, une combinaison d'une partie des fluides, de la chaleur, de la lumière, le déplacement des molécules elles-mêmes, et enfin une action chimique.

Nous sommes conduit comme on voit par la force du raisonnement à faire un éclectisme des opinions des différents auteurs, et nous admettons avec Davy les actions du contact si généralement combattues ; non pas cependant, ceci est important, que nous y attachions exactement la même idée, nous ne pensons pas que les corps s'établissent par leur contact dans des états électriques différents, mais bien que l'électricité naturelle qu'ils possèdent peut être modifiée par le contact, d'autant plus que les corps diffèrent davantage par la densité, la dureté, la solidité, la porosité, la nature du fluide qui enveloppe les molécules, la distance de celles-ci entre elles, la tension de l'atmosphère électrique de chacune d'elles, etc., etc., tellement que l'action mutuelle des corps, que l'on peut quelquefois déterminer par un ébranlement mécanique des molécules et du fluide qui les entoure, lorsque le contact plus ou moins intime ne suffit pas, est d'autant plus énergique que les corps diffèrent davantage et qu'une plus grande quantité de fluide est mise en mouvement.

D'après cela l'affinité, qui par tous les auteurs, excepté par Davy, qui l'assimilait à l'électricité, a été considérée comme une force d'une

nature mal définie, en vertu de laquelle les corps se combinent, ne paraît être qu'un mot exprimant un rapport entre leur état électrique, variable suivant la nature des corps en présence. Bergmann, qui distinguait l'attraction éloignée ou des corps célestes et l'attraction prochaine, tout en donnant à entendre que ces deux forces pourraient bien être les mêmes, admettait, comme tous les chimistes de son temps, que cette dernière force ou l'affinité était constante; mais l'expérience montre le contraire, et Berthollet a indiqué les circonstances nombreuses dépendantes de la solubilité, des véhicules, des différences de température nécessaires pour la vaporisation, la volatilisation, la fusion; de la présence de corps étrangers à la réaction ou de l'excès de l'une des substances sur l'autre, etc., dans lesquelles les corps ne se comportent pas suivant l'affinité qui leur est naturelle dans les circonstances ordinaires, c'est à dire lorsqu'ils agissent deux à deux d'après l'état électrique qui leur est propre et sans que leur constitution moléculaire soit modifiée par l'influence électrique d'une autre substance ou d'une source de fluide comme le calorique dont la présence apporte dans les phénomènes une perturbation qu'il était impossible de concevoir *à priori.*

Pour que la constitution moléculaire telle que nous l'avons envisagée puisse rendre compte des différents états des corps, de la cohésion aussi bien que de l'affinité, il faut mentionner l'influence que peut exercer sur l'état des masses la forme des molécules lorsque celles-ci sont suffisamment rapprochées; si elles ne sont pas rondes les points situés en dehors de la masse sphérique exercent une action attractive indépendante de la principale, mais comme cette influence diminue plus rapidement que le rapport inverse du carré de la distance, elle devient nulle à un certain éloignement des molécules entre elles, qui est toujours plus grand que leur diamètre. L'on peut concevoir ainsi comment les atomes des gaz échappent complétement à la cohésion et gravitent librement dans l'espace, tandis que les liquides, dont les molécules douées d'une mobilité plus grande que celle des solides qui leur donne la faculté de pouvoir être mises

en mouvement par une force très minime, indiquent par cette facile mobilité que leurs atomes sont à peu près à la distance limite, relativement à leur diamètre, au-delà de laquelle l'influence des formes n peut plus s'exercer.

Le rôle que l'on fait jouer ordinairement au calorique dans les différents états des corps s'accorde très bien avec les hypothèses précédentes ; nous verrons du reste que ce fluide n'est qu'une manifestation de l'électricité. Lorsqu'un corps est soumis à l'influence d'un foyer de chaleur le fluide électrique s'y accumule, éloigne les molécules en augmentant leur atmosphère électrique et leur imprime même un mouvement de répulsion mutuel en faisant prédominer un seul fluide. Nous verrons, quand il sera question de la chaleur, qu'elle se transforme évidemment en électricité dans les corps, et que réciproquement l'électricité se transforme en chaleur, de même que le calorique développé par l'alimentation dans le corps animal est condensé en partie dans les muscles sous forme d'électricité, dont la présence y est évidente d'après les expériences de Mateucci.

Galvanisme.

Après avoir montré, par les réflexions et les rapprochements qui précèdent, que l'électricité proprement dite, le galvanisme et le magnétisme pouvaient être considérés comme les diverses manifestations d'une même force, et avoir cité une partie des propriétés essentielles de ces fluides, nous devrions, ce semble, être dispensé de nous arrêter spécialement sur celui qui, à cause de ses propriétés plus générales, nous sert de type pour y ramener tous les autres, d'autant plus qu'il nous faudra signaler encore quelques-uns de ses caractères dans la suite de cette discussion ; mais comme nous aurons aussi besoin de nous appuyer sur quelques considérations relatives au rôle qu'il joue dans les corps, il est utile de les indiquer de suite brièvement.

Le galvanisme comprend communément l'histoire des courants électriques à laquelle on aurait dû, de préférence, attacher le nom de Volta, puisque c'est lui qui a déterminé l'essor brillant de cette partie de la science, bien que sa théorie ne fût pas rigoureusement exacte. On doit dire cependant, pour être juste envers Galvani, qu'il n'avait pas tort lorsqu'il croyait à la présence du fluide électrique dans l'économie animale, et que si son idée fut stérile jusqu'à ce moment, elle était cependant plus vraie que celle de son adversaire.

Cette histoire des courants embrasse l'étude de leurs effets, de leur puissance, des moyens de les obtenir, et en général l'examen des circonstances dans lesquelles il se développe de l'électricité, quelles qu'elles soient d'ailleurs, puisque nous avons vu que c'était toujours le même fluide. Ce sujet, pour lequel nous avions réuni des matériaux intéressants, nous fournirait un vaste champ d'observation, mais nous nous apercevons qu'il nous entraînerait trop au-delà des limites ordinaires d'un semblable travail, et nous préférons nous borner à notre sujet principal.

Nous ne parlerons donc pas des différents couples voltaïques et des divers principes qui ont présidé à leurs constructions, des moyens de combattre en partie la recomposition des fluides au moment où ils se développent, et des conditions les plus favorables pour obtenir un grand dégagement d'électricité et recueillir la plus grande partie de celui qui est mis en liberté. Nous ne dirons rien des piles de Harr, Daniel, Growe, Bunzen, De La Rive, des divers assemblages de couples semblables ou différents, du choix des appareils les plus convenables suivant le but que l'on se propose, des avantages des courants constants et longtemps prolongés pour obtenir des décompositions régulières, de ceux des courants faibles pour favoriser, par un transport lent des molécules, leur groupement sous forme cristalline, etc., etc.

Il serait intéressant de montrer le rapport entrevu par Fabroni et Davy de l'électricité avec l'affinité, de l'état électrique de chaque corps avec son équivalent et même sa densité et sa conductibilité ;

d'indiquer comment, connaissant l'intensité d'un courant, on peut mesurer les affinités par l'énergie qu'il doit avoir pour séparer les éléments d'un composé ; comment on parvient à mesurer la puissance des courants et même à les peser; car de même que l'on mesure les diverses intensités de la pesanteur sur les corps par les poids nécessaires pour équilibrer une balance avec laquelle on opère, on peut également mesurer la puissance de la force électrique avec la balance électro-magnétique par les poids nécessaires pour vaincre l'attraction produite par cette force. Ce résultat est assez curieux pour engager à ne jamais préjuger de l'avenir d'une science et à abandonner l'expression de fluide impondérable pour ne conserver que celle de fluide impondéré.

Sources d'électricité. — Nous aurions aimé à constater la présence du fluide électrique dans tous les corps de la nature, dans le sol et dans l'atmosphère où il est ordinairement vitré, à passer en revue les circonstances pendant lesquelles il devient sensible et se répand dans l'air ou sur les corps voisins, comme sont tous les cas où il y a un ébranlement dans l'équilibre des molécules, décomposition ou formation de nouvelles substances. Ce que l'on observe dans la végétation, la décomposition de l'acide carbonique, de l'air par les feuilles, l'absorption des sucs par les racines, dans les évaporations d'eaux chargées de substances salines ou organiques, dans les décompositions végétales ou minérales, dans les formations de composés nouveaux, la cristallisation, la condensation, l'imbibition, le contact, la pression, le frottement, la trituration, le clivage, etc., etc.

L'examen de tous ces faits nous a permis d'apprécier la justesse de l'opinion qui regarde l'action chimique comme l'unique source d'électricité; déjà nous avons prétendu, contrairement à cette théorie, que le fluide électrique, qui se trouve dans tous les corps dans un état d'équilibre facile à troubler, est la seule cause des mouvements moléculaires spontanés, de la matière et des actions chimiques. Nous allons essayer de discuter rapidement ces théories sur lesquelles nous

avons besoin d'être fixés. Et d'abord si l'électricité ne se manifeste que par les actions chimiques, comment se fait-il que l'on puisse en recueillir dans des circonstances où il ne s'opère pas la moindre décomposition, comme dans le frottement de deux corps métalliques ou autres, la pression, etc. Si la proposition était vraie, on ne devrait pas en obtenir. Or quelle est la cause de ce phénomène? Que s'est-il passé dans ces corps dont pas un atome n'a même été ébranlé? Les atmosphères électriques des molécules de la surface ont seules été troublées, les conditions d'équilibre entre les fluides, qui étaient satisfaites lorsque les corps étaient isolés, ne le sont plus lorsqu'ils sont ainsi mis en rapport; de nouvelles conditions cherchent à s'établir, et tout ce mouvement est trahi par nos instruments électroscopiques qui nous le font connaître. Si l'action chimique est la cause du développement de l'électricité, qu'est-ce qui détermine cette action, car elle n'est pas commune à toutes les substances? C'est sans doute l'affinité; mais cette force résulte d'un rapport dans l'état électrique des corps en présence, et n'agit par conséquent sur la matière que comme force électrique, en troublant d'abord l'équilibre des électricités naturelles.

Vérifions cette action universelle du fluide électrique, et tâchons de concevoir à son aide le jeu de l'action chimique, puisque bien loin de pouvoir rien expliquer, elle a besoin elle-même d'être attribuée à une cause. Il faut pour cela montrer d'abord que l'électricité est répandue dans tous les corps de la nature et qu'elle y préside à l'affinité et à la cohésion. On ne peut briser un corps, séparer par exemple, avec des manches isolants, deux lames de mica, ou deux corps adhérents, tels que du soufre d'un moule de verre dans lequel il a été coulé, sans que la présence d'un des fluides ne soit manifeste sur chacun des corps séparés.

Cette force, qui détermine l'attraction moléculaire, peut aussi la modifier, la vaincre ou la favoriser. Des courants énergiques peuvent séparer des molécules réunies par la cohésion ou l'affinité la plus forte; Davy a décomposé ainsi des silicates et des alcalis. Ces effets

sans doute avaient conduit ce physicien à reconnaître la force électrique dans l'affinité; mais bien d'autres motifs peuvent corroborer cette opinion; il suffirait, pour se convaincre de sa justesse, de remarquer la liaison qui unit ces deux forces.

Un courant décompose une substance d'autant plus facilement que ses éléments sont moins fortement réunis; lorsqu'il agit sur plusieurs composés, il élimine de chacun d'eux des quantités proportionnelles à leur équivalent chimique et ne s'éloigne de cette loi que sous les mêmes influences qui troublent l'effet des affinités naturelles des corps; les divers degrés de solubilité, l'action du calorique, des milieux, des masses, et toutes les circonstances enfin prévues par Berthollet.

Ils peuvent aussi, habilement dirigés, comme l'a montré M. Becquerel, favoriser la cohésion et l'affinité et former des cristaux de soufre, d'iode, de métaux, et de nombreux composés insolubles que le chimiste ne peut obtenir cristallisés, comme le sulfate de barite, le carbonate de plomb, l'iodure d'étain, le carbonate de cuivre, etc. en un mot l'électricité se trouve partout et détermine par son action les molécules à s'unir ou à se séparer suivant les circonstances. Sa présence est manifeste dans toutes les actions chimiques et d'autant plus efficace qu'un plus grand nombre de molécules doivent être déplacées dans un temps donné; c'est pour ce motif que le dégagement d'électricité s'exalte considérablement pendant les actions chimiques, car le premier fluide dégagé réagit immédiatement sur celui des molécules qui l'avoisinent, et les effets sont si rapides que les mouvements du fluide et des molécules paraissent simultanés.

Cependant lorsqu'on place aux deux extrémités du fil de cuivre d'un multiplicateur un fil d'or que l'on fait plonger dans une capsule d'acide nitrique, le courant, qui n'a pas lieu par le contact du cuivre et de l'or, prend immédiatement naissance si on met une goutte d'acide chlorhydrique à l'extrémité d'un des fils; et ce que nous voulions faire remarquer avec M. Becquerel c'est qu'il est manifeste avant même que la coloration ait indiqué que le chlorure d'or est formé,

sans que cependant des expériences directes puissent permettre de penser que l'électricité dégagée soit due à une action autre que celle de l'acide chlorhydrique et de l'or ; dans ce cas le mouvement électrique évidemment a dévancé l'action chimique.

Ainsi tous les faits s'expliquent très bien au point de vue où nous nous plaçons, et les courants, en agissant directement sur les corps de la même manière que l'électricité naturelle de ceux-ci, confirment notre théorie.

Puisque le mouvement de l'électricité précède et détermine les actions chimiques, il faut que dans les circonstances ordinaires, où les corps réagissent par le simple contact, le fluide ait pu s'ébranler spontanément par leur action mutuelle, et cela devait résulter en effet de la différence de leur état électrique et même physique.

La facilité avec laquelle le fluide est mis en liberté sous de faibles influences physiques est remarquable ; quand deux lames de platine ont servi d'électrodes, ou ont été maintenues quelque temps séparément dans les gaz oxigène et hydrogène, et qu'on les place ensuite dans de l'eau distillée, le gaz adhérent à leur surface suffit pour donner un courant, quoiqu'il ne soit pas possible de soupçonner en cette occasion la moindre action chimique. Le plus petit dérangement mécanique de molécules entraîne de même un mouvement d'électricité ; on vérifie cette assertion par l'expérience suivante : un long fil de cuivre non recuit étant en communication avec un multiplicateur on lui fait subir des flexions qui déterminent un mouvement de molécules en certains points et occasionnent un dégagement de fluide : on obtient le même résultat en frottant le fil avec les doigts ou l'étirant à la filière.

Les phénomènes de capillarité, l'imbibition ou l'absorption des liquides ou des gaz par les corps plus ou moins poreux, nous fournissent aussi des exemples curieux d'actions mutuelles sans décomposition, pendant lesquelles le fluide électrique est mis en mouvement, et qui relient ensemble des effets provenant de l'état physique des corps qui sont sensibles au galvanomètre, comme les solu-

tions simples, l'absorption des gaz par les substances poreuses ou pulvérulentes, et les véritables actions chimiques, telles que l'hydratation de la potasse caustique, l'oxigénation du protoxide de fer, etc.

Lorsqu'on fait plonger une éponge de platine dans l'acide nitrique, il s'établit un courant dans lequel on remarque que l'éponge a pris l'électricité négative comme si elle était attaquée par l'acide, cependant il n'y a là qu'une action de contact exaltée par l'étendue de la surface que présente un corps poreux. On conçoit d'après cela que l'état physique joint à la plus petite force résultant de l'état électrique, comme celle qui détermine l'adhérence des gaz et des vapeurs sur les surfaces, intervient certainement pour favoriser l'ébranlement du fluide naturel.

Cette cause peut servir à expliquer bien des phénomènes de la nature, comme par exemple la germination : la graine commence par être détrempée par l'humidité du sol, et ce premier effet d'imbibition est accompagné de dégagement de fluide qui préside immédiatement à l'accomplissement de phénomènes plus complexes.

Ces effets remarquables de l'électricité même lorsqu'une petite quantité est mise en mouvement ne doivent pas surprendre, car avec les appareils simples de M. Becquerel, dans lesquelles la présence du courant est presque inappréciable, on obtient des effets qui étonnent, comme la précipitation d'une solution métallique des doubles décompositions ; et le peu de fluide déplacé dans le frottement suffit pour donner naissance à des actions chimiques énergiques : en frottant légèrement un morceau de sulfate de soude fondu et de spath d'Islande cristallisé qui ne renferment pas d'eau, on obtient du carbonate de soude sensible au papier de curcuma ; le bichlorure de mercure et l'iodure de potassium triturés ensemble donnent un iodure de mercure rouge ; le silicate d'alumine avec le phosphate de cobalt donneraient du bleu Thénard sous la même influence.

Mais qu'est-il besoin de s'appesantir davantage sur cette question ; il est bien évident, puisque le simple dérangement des molécules ou celui qui précède et accompagne les actions chimiques ne peut avoir

lieu sans un mouvement préalable et simultané d'électricité, et que d'un autre côté l'équilibre de ce fluide est si facile à troubler par le simple contact ou une faible action mécanique, que l'on ne peut douter un instant qu'il ne domine ces phénomènes et en soit la cause. D'ailleurs les effets qu'il détermine dans les réactions des corps entre eux sont tout à fait en accord avec l'action des courants eux-mêmes que l'on fait agir directement, car ceux-ci peuvent, comme l'électricité de tension, circuler dans les corps sans agir sur leurs molécules, les influencer sans produire d'action chimique comme dans les effets d'endosmose de l'eau à travers un diaphragme sous l'influence d'un courant, ou enfin déterminer des combinaisons ou décompositions. Aussi, chaque fois que nous verrons une action chimique ou seulement un changement physique qui n'aura pas été produit mécaniquement, nous serons portés à conclure que ces effets sont dus à une action électrique.

Effets du contact. — Nous avons dit que la différence qui existe dans l'état électrique de chaque corps permettait à leur fluide naturel de réagir spontanément par le contact ; la réaction, qui a lieu avec d'autant plus d'énergie que cette différence est plus considérable, peut entraîner un déplacement plus ou moins notable des molécules. Il est naturel de penser que si en effet celles-ci sont enveloppées d'une atmosphère de fluide, elles ne puissent être ébranlées sans que ces atmosphères le soient préalablement, et que l'action chimique a lieu par la puissance de l'électricité, par cette force inséparable de la matière qu'on peut appeler affinité, attraction, électricité, peu nous importe le nom, puisque nous avons constaté que c'était dans tous les cas le même agent, celui qui agit sur l'aiguille aimantée.

On conçoit du reste que ces atmosphères soient variables pour chaque corps par la nature du fluide, sa tension, l'espace qu'il occupe entre les atomes, et même jusqu'à un certain point que ces variations correspondent à des différences de densité, d'élasticité, de cohésion, de solidité dans les masses ; dès lors l'action électrique due au contact ne doit pas surprendre surtout après les observations que nous avons faites sur l'influence de l'état physique.

Cependant ce mot de contact est une de ces expressions désastreuses destinées à jeter le trouble et la confusion dans la science. Volta et Davy avaient entendu que par le seul fait du contact les corps s'établissaient dans des états électriques différents, et pour rejeter cette idée qui, appliquée à la construction de la pile, les avait induit en erreur sur la cause qui déterminait le courant électrique, on a voulu se priver de l'usage d'un mot qui a une signification absolue tout autre et dont la langue a besoin; car toutes les réactions se passent au contact des diverses substances.

On a dit: il y a des cas où le contact ne produit pas d'électricité et n'agit nullement sur les corps, il en est d'autres au contraire où le contact donne lieu à une action chimique et en même temps à un dégagement d'électricité; donc l'action chimique seule est la source de l'électricité; cette conclusion est inexacte, il fallait dire : donc dans ces circonstances le contact a suffit pour donner une action chimique et de l'électricité; ce qui ne contrarierait pas les faits, car nous avons déjà montré qu'il y avait dégagement de fluide dans d'autres circonstances que dans l'action chimique.

Mais nous pourrions encore faire voir que parmi les effets du contact, il en est qui ne ressemblent pas aux actions chimiques ordinaires; et bien que l'on ne puisse saisir la présence de l'électricité pendant leur accomplissement, néanmoins il n'est pas possible d'attribuer l'ébranlement moléculaire qui se produit à une autre cause. Les corps peuvent agir au contact de bien des manières, cela était facile à prévoir après les réflexions qui précèdent, les uns n'agiront pas, d'autres produiront des effets très énergiques; il devront enfin présenter tous les degrés d'action intermédiaires entre les extrêmes. L'iode et le phosphore, l'eau et le potassium, etc., etc., réagissent vivement dès qu'ils sont suffisamment rapprochés; d'autres substances auront besoin de subir une opération qui leur permettra un contact plus intime, tel que la pulvérisation, la dissolution. Ainsi deux corps qui n'agiraient pas dans leur état naturel produiront un effet chimique en modifiant cet état par les moyens ci-dessus, comme

l'iodure de potassium et le nitrate de plomb dissous, le chlorhydrate d'ammoniaque et la chaux pulvérisés.

Il y a des corps qui ne paraissent avoir aucune affinité, que la trituration, et le mouvement électrique qui en résulte ne combinerait pas, et qui cependant exercent un certain effet réciproque sur leurs surfaces ; lorsqu'on met en contact, pendant un temps suffisant, un morceau de métal gravé et une plaque de glace, et qu'après les avoir séparés on dirige le souffle humide sur la plaque, on reconnaît parfaitement l'empreinte de l'objet par la différence avec laquelle la vapeur adhère aux points qui ont éprouvé l'effet du contact et à ceux qui étaient en dehors de cette influence. Les atmosphères électriques des molécules de la surface ont sans doute été ébranlées, et cet effet a ainsi occasionné une différence dans le mode de condensation des vapeurs.

Toutes les images analogues, déterminées par le contact, la lumière, la chaleur et l'électricité, peuvent s'expliquer de cette manière, quelle que soit la substance que l'on ait employée, le verre ou le métal, la vapeur humide de l'haleine, celle de l'iode ou du mercure.

Il se peut faire encore que l'état électrique des corps en présence soit convenable pour que l'action chimique ait lieu et cependant qu'elle ne puisse s'effectuer sans l'intervention d'un effet mécanique, du fluide électrique, calorifique, lumineux, ou même la présence d'un corps inerte ou actif qui ici n'agit véritablement que par le contact, ne cédant rien de ses éléments aux composés nouveaux. Nous citerons à l'appui de cette assertion les fulminates de mercure, d'argent, d'iodure, d'azote, les mélanges de soufre et chlorate de potasse ou antimoine, qui détonnent par le choc ou le simple frottement en formant des composés nombreux ; le mélange de chlore et d'hydrogène, qui se combine subitement sous l'impression des rayons solaires, ou de l'étincelle électrique ; celui d'hydrogène et d'oxigène qui détonne de même par la chaleur et l'électricité.

La même force qui détermine une combinaison entre divers éléments peut aussi opérer des séparations ; une série d'étincelles élec-

triques décomposeraient le gaz chlorhydrique et l'eau qu'elles ont combinés, et l'action décomposante de la chaleur et de la lumière est bien connue. Ces faits attestent encore en passant la similitude des différents fluides et la puissance de l'électricité pour former de nouveaux corps et les décomposer.

Mais, disions-nous tout à l'heure, des actions chimiques peuvent avoir lieu par le contact de corps intermédiaires, dont nous sommes autorisés, par ce fait, à assimiler le mode d'action à celui du fluide électrique. L'éponge de platine opère par sa présence des combinaisons remarquables : celle de l'hydrogène et de l'oxigène pour former de l'eau ; des composés oxigénés d'azote avec l'hydrogène en donnant de l'eau et de l'ammoniaque, celle de l'acide sulfureux et de l'oxigène, etc., etc. Il nous est impossible d'entrer dans aucun détail sur les effets intéressants de la mousse de platine que des travaux récents ont rendus excessivement nombreux. (Voir *Annales de chimie et de physiq.*, juillet 1843.)

D'autres substances peuvent encore opérer la combinaison de l'oxigène et de l'hydrogène, Théodore de Saussure avait vu que le terreau, le ligneux, la soie, etc., pouvaient la favoriser ; mais on a reconnu aussi cette propriété à des substances qui sont lisses et compactes et ne peuvent en aucune façon agir par leur porosité, comme le verre, la porcelaine, qui sans doute opèrent, en déterminant la condensation des molécules gazeuses sur leurs surfaces où se trouvant plus rapprochées elles sont plus aptes à réagir l'une sur l'autre.

Il faut joindre à ces faits l'influence de l'acide sulfurique dans l'éthérification, celle de l'acide acétique dans l'action de l'acide carbonique sur la litharge pour la fabrication de la céruse ; la nécessité de la présence d'alcali dans le règne végétal, pour favoriser la formation de quelques acides et principes végétaux, et celle indispensable des chlorures et phosphates pour présider à la formation de la fibrine, de la caséine, de l'albumine, et à la sanguification dans l'économie animale. Lorsque l'on voit des corps tels que les acides et les alcalis, auxquels personne ne conteste des facultés électriques très énergi-

ques, positives ou négatives favoriser des réactions simplement par leur contact, il nous semble que l'on ne peut méconnaître là l'effet de l'electricité ni se refuser à voir la même cause dans toutes les circonstances analogues qui sont plus nombreuses qu'on ne peut se l'imaginer au premier abord.

Il serait convenable de mentionner encore les fermentations de toutes sortes dans lesquelles un corps sous le nom de ferments détermine la formation de produits particuliers. Ce rapprochement peut être justifié par l'action qu'exerce le fluide électrique lui-même sur les ferments. M. Colin a vu que la levure dissoute et filtrée perd la propriété de transformer le sucre en alcool et qu'on lui rend cette propriété par l'action voltaïque. Si encore on abandonne à elle-même une solution d'un mélange de substances extractives et sucrées, elle devient trouble et visqueuse, et si alors on l'électrise quelques instants avec la machine la fermentation alcoolique s'y établit au bout de quelques jours. Nous n'en finirions pas si nous voulions citer tous les faits curieux que nous avons recueillis sur les influences de contact et qui tendent à montrer que dans certains cas quelques substances agissent sur les corps comme pourraient le faire l'électricité, la chaleur, la lumière et par conséquent qu'il y a dans tous ces agents une force commune et identique : question que nous allons examiner spécialement pour ces trois fluides.

Nous croyons en avoir assez dit pour motiver, sur l'action mutuelle des corps, une opinion aussi différente de la théorie actuelle que de celle de Volta et Davy, et qui consiste à penser qu'ils possèdent des états électriques différents au moyen desquels ils s'influencent plus ou moins par le contact, et déterminent des mouvements d'électricité qui peuvent amener le déplacement des molécules.

Cette théorie, qui s'accorde avec les idées d'Ampère et de Berzélius sur la constitution moléculaire des corps, ne bouleverserait pas considérablement la science, car il sera toujours vrai de dire, vulgairement parlant, que l'action chimique est le moyen d'obtenir de l'électricité, puisqu'en effet c'est dans cette occasion qu'une plus

grande quantité de ce fluide peut être mise en mouvement; de plus, si nous cherchons à la dénommer nous trouvons que le nom actuel de théorie électrochimique, qui exprime l'idée principale en établissant une priorité de l'électricité sur l'action chimique, lui convient parfaitement. Nous devons donc l'adopter, bien qu'on y ait attaché une autre idée et que cette manière d'agir nous répugne ; mais les mots ont un sens absolu qu'il n'est pas permis de changer et empêche de choisir. Peut-être que les auteurs de la théorie actuelle, qui regardent l'action chimique comme étant la source de toute électricité et auraient dû par conséquent l'appeler chimico-électrique, ont-ils entrevu que cette idée pouvait bien ne pas être exacte et que celle exprimée par le mot qu'ils ont adopté deviendrait sans doute plus probable. S'il en est ainsi, je suis heureux de les avoir devinés; et je suis convaincu qu'ils ne me sauront pas mauvais gré, ayant à choisir entre l'idée qu'ils ont développée et celle qu'ils ont exprimée dans la dénomination de leur théorie, d'avoir adopté l'une plutôt que l'autre.

CHALEUR. — LUMIÈRE.

Nous croyons avoir suffisamment établi la similitude entre les trois premiers fluides, par leur action sur le galvanomètre et sur les corps; si nous sommes parvenus à montrer aussi que les actions moléculaires et chimiques ne peuvent avoir lieu sans l'influence de l'électricité, il nous sera maintenant facile de rapprocher la chaleur et la lumière de l'électricité ou du galvanisme auquel nous avons déjà rapporté les autres; il nous suffira d'examiner s'ils peuvent agir sur le galvanomètre, produire des courants, déterminer des actions moléculaires et chimiques, et de voir si réciproquement les courants peuvent produire dans les corps des effets calorifiques et lumineux.

Rappelons d'abord la similitude qui existe entre le calorique et la lumière. Ce sont l'un et l'autre des fluides qui se meuvent avec une vitesse excessive, et peuvent plus ou moins facilement pénétrer les

corps. Ils apparaissent presque toujours simultanément et se comportent dans la nature d'après des lois semblables. Les astres, l'électricité, les combustions, nous les fournissent tous deux ; cependant les corps ne deviennent lumineux que lorsque leur température dépasse environ 500°. Ce phénomène a porté des physiciens à supposer que la chaleur et la lumière sont le résultat des vibrations d'un seul et même fluide, mais beaucoup plus rapide pour la lumière que pour la chaleur. Cette hypothèse rend très bien compte du calorique qui accompagne souvent la lumière, et de la transformation de celle-ci en chaleur obscure. Il y a aussi des corps dits phosphorescents qui donnent de la lumière sans dégagement de chaleur sensible, comme le spath fluor exposé à la chaleur solaire ; mais on obtient le même effet par le frottement dans l'obscurité, ce qui indique que c'est un effet électrique.

Ces fluides traversent l'air, les gaz et les corps transparents, avec une perte d'autant plus forte que la source est plus énergique, et qui est proportionnellement moindre, après avoir traversé successivement plusieurs obstacles, comme on le remarque aussi pour l'électricité. Ils se réfractent de même en traversant les corps dans une direction qui n'est pas perpendiculaire à leurs surfaces. Ce fait est évident pour la chaleur qui accompagne la lumière, mais Dufay l'a vérifié aussi pour la chaleur obscure; en présentant une lentille à un corps échauffé, il a obtenu au foyer une élévation de température. La chaleur et la lumière rayonnent également dans tous les sens, car la quantité de fluide émis dans une direction quelconque est la même qu'émettrait dans cette direction une surface plane qui serait la projection de la surface d'émission sur un plan perpendiculaire à la direction du rayonnement.

Les lois de l'influence suivant la raison inverse du carré de la distance, celle de la réflexion sur les surfaces suivant leur état, toutes les lois en un mot qui régissent un de ces fluides paraissent être les mêmes pour l'autre, tellement que si nous n'avions un organe spécial pour saisir l'impression de la lumière, nous aurions pu la confondre

avec la chaleur, comme font sans doute les aveugles chez qui la délicatesse du tact remplace jusqu'à un certain point la vue, et qui peuvent même en certaines occasions apprécier de faibles distances par l'impression que les masses peuvent exercer sur la sensibilité de la peau.

Malgré l'organe de la vision dont nous sommes doués, et la facilité avec laquelle nous percevons la sensation du calorique, nous ne sommes cependant pas aptes à constater la présence de ces fluides dans leur plus faible intensité. Il nous est impossible de saisir la limite entre le froid et le chaud, la lumière et l'obscurité. Il y a des animaux dont la rétine est encore impressionnée lorsque la nôtre ne l'est plus, et ces différences de sensibilité pour le calorique et la lumière varient même d'un individu à l'autre. Il fallait donc trouver un instrument qui pût déceler dans toutes les circonstances les moindres traces de fluides et permît de les étudier. Le plus délicat est la pile thermo-électrique, qui est également sensible à l'impression de l'un ou de l'autre, sauf l'intensité, et qui, nous les montrant en outre agissant en vertu d'une même force, contribue aussi à prouver leur similitude. Mais de plus cet appareil, qui est fondé sur la propriété que possède la chaleur de donner naissance à des courants dans les corps qu'elle impressionne, donne ses indications au moyen du galvanomètre, et nous démontre ainsi l'analogie de l'électricité avec la chaleur et la lumière. Mais poursuivons l'examen des rapports qui existent entre ces deux premiers fluides.

Action électrique de la chaleur sur les corps. — L'action chimique des courants est parfaitement connue, nous en avons déjà mentionné quelques faits ; celle de la chaleur ne l'est pas moins, et nous croyons inutile de nous y arrêter ; on sait qu'elle peut, comme l'électricité, produire des fusions, des volatilisations, déterminer des réactions puissantes comme celle qui a lieu entre le soufre et les métaux, fer, antimoine, mercure, etc., etc., et même influencer les affinités. En chauffant du sulfate de soude avec l'acide borique, ce dernier déplace de l'acide sulfurique, quoique cet acide possède une affinité plus

énergique pour la soude dans toute autre circonstance. La chaleur enfin produit des actions de toute intensité depuis les actions chimiques les plus extraordinaires, comme l'explosion de la poudre, jusqu'aux simples mouvements des molécules, les dilatations, le changement d'état des corps, et même seulement l'ébranlement de l'équilibre électrique; elle établit le soufre, suivant la température qu'on lui communique, dans des états moléculaires différents; et lorsque dans la dorure électrochimique on obtient un précipité brunâtre à la température ordinaire, il suffit de chauffer le liquide jusqu'à 25° pour obtenir un résultat d'une belle couleur: sans doute que dans ce cas la conductibilité se trouve augmentée et que l'électricité de la lame métallique et de la solution peuvent alors réagir plus facilement.

Le calorique favorise le développement du fluide électrique sur les corps mauvais conducteurs et peut leur faire présenter tous les effets du magnétisme, ce qui peut encore appuyer notre théorie. Quand l'on chauffe seulement une extrémité d'un de ces corps, elle se charge de fluide positif, tandis que le négatif s'accumule à l'autre.

Ces effets sont surtout curieux dans le tourmaline (silicate de magnésie et d'alumine), et variables suivant que le cristal augmente de température ou se refroidit, ce qui correspond évidemment à des phénomènes de dilatation ou de contraction, provoqués par la même cause; dans le second cas, la position des pôles, qui s'étaient fixés aux extrémités par la chaleur, est changée et intervertie. Si le cristal est échauffé d'un côté tandis qu'il se refroidit de l'autre, alors les pôles sont semblables; si le second côté reste à une température constante, le premier étant seul échauffé, il n'offre aucun signe de polarité. La topaze (fluorure de silicium et d'alumine), et d'autres encore, présentent des phénomènes analogues qui ne peuvent être étrangers aux effets électriques, puisque le clivage de ces cristaux, comme nous l'avons déjà dit, rend manifeste le fluide qui détermine leur cohésion.

Puisque les phénomènes que le calorique détermine dans les corps,

sont dus à l'influence qu'ils éprouvent dans leurs états électriques, la moindre différence de température entre deux corps, ou entre deux parties de la même substance, doit suffire pour mettre l'électricité en mouvement : cet effet s'observe lorsque l'on plonge une lame de platine échauffée dans une dissolution neutre, acide ou alcaline, la couche liquide voisine s'échauffe, et en réagissant sur une autre couche donne naissance à un courant. Lorsque l'on fait communiquer par une mèche de coton deux capsules renfermant un même liquide mais à des températures différentes, la liqueur froide prend l'électricité positive, et l'autre la négative; pendant le refroidissement de celle qui a été échauffée les effets électriques sont inverses.

On doit s'attendre par cette réciprocité d'action et cette simultanéité dans la manifestation du calorique et de l'électricité, que les actions chimiques spontanées, qui sont la conséquence de la nature, de la quantité du fluide des corps en présence, et de la facilité avec laquelle il peut se mouvoir entre leurs molécules, doivent produire des degrés de chaleur en rapport avec leurs effets électriques. Cette prévision se justifie d'une manière évidente dans une foule de cas où l'on observe même des phénomènes de lumière, et dans toutes les autres circonstances où la présence de chaleur est accusée avec autant de certitude au moyen de la pile thermo-électrique, qui est d'une sensibilité telle que l'on peut à son aide distinguer une dissolution simple comme celle du sulfate de soude, qui produit un abaissement de température sensible à l'appareil, d'une action chimique si faible qu'elle soit, telle que celle qui a lieu lorsque l'on met de la potasse caustique dans de l'eau ; l'appareil montre alors par une indication en sens inverse de la précédente qu'il y a eu combinaison.

Tous ces effets ne sont pas moins frappants dans les corps bons conducteurs de l'électricité, chez lesquels on remarque, contrairement à ce qui a lieu pour les corps mauvais conducteurs et les liquides, qu'une élévation de température, diminue leur faculté conductrice. Les métaux se chargent d'électricité sous l'influence du calorique ; si l'on échauffe jusqu'à l'incandescence un fil de platine roulé en spirale dont une extrémité communique avec le sol et l'autre avec le

plateau d'un condensateur, celui-ci se charge du fluide positif. Dans une tige métallique échauffée les deux fluides semblent se réfugier aux extrémités, car si l'on décharge l'une d'elles, la tige ne possède plus qu'un seul fluide : il y a dans cette circonstance un phénomène analogue à celui qui a lieu dans les piles électriques ; les molécules influencées par le calorique semblent séparer les fluides comme font les couples voltaïques.

Cependant l'électricité mise en mouvement dans un métal échauffé ne se sépare ordinairement, et ne fournit un courant sensible au galvanomètre, que si elle rencontre un obstacle qui trouble la circulation de la chaleur. Un fil de platine dont les extrémités sont en contact avec un multiplicateur étant échauffé en son milieu ne donne de signe électrique que si, par exemple, on a fait un nœud à peu de distance du foyer; cet obstacle prend l'électricité positive et détermine le sens du courant. Si le fil est interrompu et seulement agraffé avec un fil semblable, et que l'on échauffe l'un d'eux on obtient un courant qui va du côté chaud au côté froid.

On obtient des effets semblables avec des métaux différents soudés ou fortement rapprochés par leurs extrémités ; en chauffant la soudure on obtient un courant dont le sens indique la faculté électrique des métaux mis en contact. Avec les métaux suivants, bismuth, platine, plomb, étain, cuivre, or, argent, zinc, fer, antimoine, on trouve que chacun d'eux est positif par rapport à ceux qui précèdent et négatif par rapport à ceux qui suivent.

Les effets électriques produits par le frottement feraient ranger ces métaux dans le même ordre quoique dans ce cas le courant ne soit pas uniquement dû au développement de chaleur qui a lieu pendant cette action mécanique, car le choc développerait aussi beaucoup de chaleur sans que l'on puisse saisir l'existence d'un courant; mais comme nous savons que dans cette occasion le mouvement de l'électricité doit nécessairement avoir lieu, il faut croire, et la chose paraît certaine, que les fluides se sont rejoints immédiatement au point même où ils se sont séparés, comme cela a toujours lieu lorsque l'é-

lectricité éprouve plus de facilité pour se recombiner au contact même qu'à suivre un conducteur qui peut être plus ou moins parfait.

C'est sur cette sensibilité des corps conducteurs non homogènes pour la chaleur, qui fait que la plus légère influence calorifique se transforme immédiatement à leur intérieur en un courant, qu'est fondée la construction de la pile thermo-électrique. Elle se compose de régules de bismuth et d'antimoine soudées bout à bout et disposées de manière que la moitié seulement des soudures sont exposées au rayonnement calorifique, car une action sur deux soudures consécutives produirait des courants en sens inverses qui se détruiraient au lieu de s'ajouter. Cet instrument surpasse en délicatesse tout ce que l'on avait inventé jusqu'ici pour apprécier l'intensité de la chaleur ou de la lumière, comme le photomètre, le thermoscope et le thermomètre, il donne des indications qui peuvent correspondre à des centièmes de degrés de ce dernier instrument et offre une ressource précieuse pour l'étude des sciences naturelles.

Effets calorifiques de l'électricité. — Il ne suffit pas pour qu'une théorie soit probable et mérite l'attention qu'elle puisse se vérifier en quelques points ou aider à l'intelligence de quelques faits, il faut encore que, poursuivie dans toutes ses conséquences, la justesse de son principe ne se démente en aucune occasion. Si donc la chaleur n'est qu'une manifestation, une manière d'être du fluide électrique, il faut que ce fluide agissant directement sur les corps se transforme aussi facilement en chaleur dans les conducteurs homogènes ou hétérogènes que nous avons vu la chaleur elle-même se transformer en électricité dans ces mêmes conducteurs.

Nous voyons en effet que les courants échauffent les substances qu'ils traversent d'autant plus qu'ils circulent avec plus de peine. Le pouvoir conducteur des corps est extrêmement variable; suivant Davy les métaux les moins bons conducteurs, comme le fer et le platine, conduisent cependant plusieurs milliers de fois mieux que le charbon bien recuit, qui déjà transmet assez bien le fluide électrique. Le meilleur conducteur ne peut livrer passage qu'à une certaine quantité de

fluide dans un temps donné, et on peut dire qu'il ne permet jamais une libre circulation à tout celui qui est fourni par la source. L'électricité étant par conséquent gênée dans sa marche échauffe le conducteur et le rougit, si même elle ne le met en fusion en pénétrant les espaces intermoléculaires des masses métalliques et détruisant la cohésion avec d'autant plus de force qu'elle éprouve une plus grande résistance.

On peut mesurer la quantité de chaleur développée dans un conducteur, ainsi que l'a montré M. Becquerel, que nous citerons toujours, puisque c'est à ses leçons que nous avons puisé une grande partie des faits que nous mentionnons ici; on apprécie, dis-je, la température des conducteurs en les faisant serpenter dans un calorimètre ou les faisant passer entre les mâchoires d'une pile thermo-électrique, lorsque les effets sont trop faibles.

On a trouvé par des expériences exactes que la quantité de chaleur développée dans un conducteur dépendait des lois suivantes : elle est en raison directe du carré de la vitesse du courant, et de la résistance du fil au passage de l'électricité, ce qui permet, ayant un courant constant, de mesurer approximativement le rapport entre la résistance de chaque métaux pris dans les mêmes circonstances, comme l'a fait Cavendish; il a trouvé que différents conducteurs traversés par un courant énergique étaient fondus dans une longueur différente et inversement proportionnelle à leur conductibilité; le plomb et l'étain le furent dans une longueur de 120 pouces, l'argent et le cuivre dans celle de 1/4 de pouce seulement.

La différence de diamètre dans les fils donne des variations de température qui sont en raison inverse de la quatrième puissance du diamètre. Il faut par conséquent proportionner la grosseur des fils à l'énergie des courants ; s'ils étaient trop minces ils entreraient en fusion : dans tous les cas la température qu'ils acquerront sera toujours d'autant moindre que le fluide passera mieux, comme nous l'avons déjà dit. Cependant on peut avoir intérêt à obtenir dans le conducteur la quantité de chaleur la plus considérable qu'il soit possible pour l'utiliser à produire des actions chimiques.

Pour cela on contourne un fil de platine en spirale, ayant la forme

d'un cône tronqué de manière que l'on puisse y introduire et y fixer un petit creuset de platine d'argent, de porcelaine ou de charbon, qui se trouve ainsi enveloppé par le conducteur et partage son calorique. Si on introduit dans ce dernier creuset un peu de sulfate alcalin, la spirale étant rendue incandescente par le courant qui la traverse, on obtient bientôt un sulfure. La pile doit être composée d'au moins dix couples, ayant chacun un décimètre carré de surface, pour produire des effets sensibles; on peut encore augmenter considérablement la température du creuset en plaçant au dessous la flamme d'une lampe à alcool et soustrayant l'appareil à l'agitation de l'air ambiant qui le réfroidit.

Tous les points d'un conducteur homogène sont à la même température; mais s'il est composé de plusieurs fragments de métaux juxta-posés ou soudés, les phénomènes sont variables suivant la différence de conductibilité et de diamètre de ces métaux et le sens du courant. Lorsque deux fils métalliques différents sont accrochés et soumis à l'action d'un courant très énergique, celui qui rougit est le moins bon conducteur; lorsque les deux conduisent mal, l'ignition a lieu au point de contact où la résistance est la plus forte, et si l'un et l'autre métal sont bons conducteurs on les voit rougir également.

Quand le courant traverse un circuit composé de plusieurs métaux soudés, on observe quelques modifications dans les effets. La température varie selon le sens du courant, et pour la plupart des métaux elle est la plus élevée lorsque le fluide positif passe d'un mauvais conducteur dans un bon, ou que le négatif passe d'un meilleur dans un moins bon. Cependant, contrairement à ce qui a lieu ordinairement, les métaux tels que le bismuth, l'antimoine, l'arsenic, qui cristallisent facilement, soudés entre deux fils de cuivre, produisent un abaissement de température à l'une des soudures; avec le bismuth, il a lieu à celle par laquelle entre le courant négatif, qui cependant sort d'un très bon conducteur, et produit d'habitude une température plus élevée que le positif, chez lequel la faculté de pénétrer les corps est plus grande; si on augmente graduellement la force du courant la température s'élève, mais elle est constamment au dessous de celle de l'autre soudure. Lorsque l'on essaie l'anti-

moine de la même manière, le courant négatif au contraire fournit à la soudure par laquelle il entre un degré de chaleur plus élevé que celui qui existe à l'autre.

Mais ce qu'il nous importe seulement de constater ici, c'est cette transformation de l'électricité en chaleur dans des circonstances semblables à celles dans lesquelles la chaleur elle-même se transforme en électricité, transformation qui ne permet pas de douter que la chaleur et l'électricité ne soient deux modifications d'un même fluide.

Quand le courant passe aussi d'un électrode dans un liquide, ou d'un liquide dans un électrode, il éprouve un affaiblissement considérable, et la chaleur devient très forte, comme on l'observe dans les conducteurs solides non homogènes, et dans cette circonstance, comme toujours, l'électricité se change en chaleur dans le liquide, sans que les actions chimiques qui se passent aux deux pôles influencent en rien la température, car la chaleur produite au pôle positif par la réaction est compensée par celle absorbée dans la décomposition qui a lieu au pôle positif, et d'ailleurs ces actions chimiques, produites sous l'influence de l'électricité en même temps que les phénomènes calorifiques, sont encore une preuve des similitudes que nous cherchons à établir.

Lumière.

Nous nous sommes efforcés jusqu'à présent de montrer que, vu les rapports qui existent entre les actions de l'électricité et de la chaleur, on pouvait conclure que les forces qui déterminent leurs effets étaient semblables; et comme nous avons établi aussi qu'il y avait entre le calorique et la lumière des analogies importantes qui portaient les physiciens à rapporter leurs effets à une même cause, nous pourrions peut-être nous arrêter ici, en concluant aussi la similitude de la lumière et de l'électricité; nous allons néanmoins comparer encore directement les effets de ces deux agents pour mieux diriger les opinions à ce sujet.

Pour supposer que la lumière agit sur les corps en vertu d'un prin-

cipe répandu dans toute la nature, et qui lui est commun avec les autres fluides, il faut qu'elle produise de la chaleur, qu'elle détermine des actions chimiques et moléculaires, qu'elle puisse enfin donner naissance à des courants, même lorsqu'il n'y a pas de réactions; si nous pouvons vérifier ces faits, ils nous prouveront sans doute que, des effets semblables devant avoir une cause identique, la lumière et les autres fluides agissent certainement en vertu d'une force qui leur est commune; et c'est cette puissance universelle que, pour le moment, nous avons nommée électricité.

Nous avons déjà dit que la chaleur accompagnait si constamment la lumière, qu'il était presque impossible de concevoir celle-ci séparée du calorique; lorsque celui-ci est inappréciable, il faut raisonnablement s'en prendre à l'imperfection de nos moyens d'appréciations. Nous ne nous arrêterons pas sur ce point, qui ne souffre pas de contestations sérieuses. Nous savons aussi que la chaleur devient facilement lumineuse dans quelques circonstances, comme lorsque l'on échauffe du sulfate de barite (ou phosphore de Bologne), du spath fluor, etc., que l'électricité elle-même est lumineuse dans le vide et l'obscurité, et que ces agents peuvent fournir, dans certains cas, une clarté très intense.

Les effets chimiques de la lumière ne sont pas moins connus. On sait avec quelle facilité elle opère la combinaison du chlore et de l'hydrogène plus ou moins rapidement, suivant son intensité; elle décompose l'acide prussique, développe la partie verte des végétaux, etc.; mais son action a surtout été étudiée sur les sels d'argent. Quand on expose au soleil une légère couche d'iodide d'argent il noircit, et passe à un état d'ioduration moindre; si l'appareil est disposé de manière que l'on puisse recueillir l'électricité, on verra qu'il y a formation d'un courant; le bromure d'argent se comporte de même, et le courant est très sensible, même à la lumière diffuse.

Le chlorure d'argent est aussi très facilement décomposé, il ne faut le mettre qu'en couche très mince à la surface d'une lame de platine, parcequ'il est mauvais conducteur, et ne permettrait pas à l'électricité de circuler; il se dégage du chlore pendant l'action, et la déviation de l'aiguille du galvanomètre est considérable; lorsque

dans cette expérience on emploie une lame d'argent, elle est attaquée par le chlore qui se dégage, et il se produit un courant en sens inverse de celui qui a lieu par la décomposition seule du chlorure sous l'influence solaire.

Ces exemples suffisent pour montrer que la lumière détermine des actions chimiques avec dégagement d'électricité, parfaitement identiques avec celles que produisent directement le fluide électrique, la chaleur et le contact entre certains corps; actions qui toujours sont déterminées par un ébranlement préalable de fluide naturel des matières mises en expérience.

Si l'on pouvait encore en douter nous montrerions la lumière produisant ce mouvement d'électricité par la plus légère impression avant tout autre effet, et lors même qu'il n'y a pas d'action chimique possible. Ainsi, lorsque dans une boîte divisée par une membrane mince en deux compartiments, et remplis l'un et l'autre d'eau acidulée, on place deux lames de platine ou d'argent en relation avec un multiplicateur, et dont l'une seulement est exposée à la lumière solaire, il y a formation d'un courant comme si cette lame était attaquée. Mais on sait qu'une différence de température entre les deux lames pourrait produire le même effet, et on serait tenté de l'attribuer à la chaleur qui accompagne la lumière. Bien que cette objection ne soit pas grave, puisque, dans tous les cas, il faut reconnaître une cause qui trouble l'équilibre du fluide naturel des corps, quel que soit l'agent qui ait servi d'intermédiaire; néanmoins un examen analytique de la constitution de la lumière ne permet pas de confondre dans ce fluide le pouvoir électrique ou chimique avec les facultés calorifiques et même éclairantes, qui sont distinctes quoiqu'elles ne soient pas nettement séparées.

Malgré la tendance que l'on éprouve à regarder comme simple un fluide aussi subtil que la lumière, les physiciens trouvent qu'elle est extrêmement complexe ; elle est en effet composée d'une infinité de rayons qui jouissent tous, en traversant des corps transparents à faces opposées non parrallèles, d'une faculté réfractive spéciale, différente pour chacun d'eux et variable avec les substances qu'elles traversent.

Chacun de ces rayons possède en outre, à un degré différent, la propriété d'agir sur les corps et sur l'organe de la vision, nous sommes habitués à donner à ces impressions diverses des noms spéciaux qui indiquent ce que l'on appelle les couleurs. Les principales, dans l'ordre de leur refrangibilité sont les suivantes : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge. Dans ce nombre il en est trois qui occupent dans le spectre un plus grand espace que les autres et chez lesquels les différences de propriétés sont plus faciles à saisir ; ce sont les rayons violet, vert et rouge, dont le dernier est le moins réfrangibles de tous. Rochou découvrit en 1775 que les rayons colorés produisaient sur le thermomètre des degrés de chaleur différents ; en faisant passer chaque rayon par le foyer d'une lentille, il vit que le rayon rouge renferme le plus de calorique, que cette quantité décroît jusqu'au rayon violet, et que le rapport entre eux est de 8 à 1. Newton et Herschell avaient déjà trouvé que le maximum de lumière existe dans les rayons jaunes et verts et diminue jusqu'au rouge et au violet, dans lequel se trouve le minimum d'effet.

Les physiciens modernes, et en particulier M. Ed. Becquerel, auquel on doit des travaux intéressants sur ce sujet, ont vérifié l'exactitude de ces faits, et de plus ont constaté par des expériences directes, que la plus grande action électrique et chimique résidait dans les rayons violets. De sorte que dans l'expérience des lames de platines dont nous parlions tout à l'heure, on observe que les rayons rouge, orange, jaune, vert, qui possèdent à un degré supérieur le pouvoir éclairant et calorique, ne produisent pas d'effets électriques, et que par conséquent les résultats obtenus ne peuvent être attribués à la chaleur qui accompagne la lumière.

Ces expériences nous montrent de plus que les facultés électriques et chimiques qui résident dans le même rayon sont identiques, ou plutôt que les effets chimiques dépendent du pouvoir électrique, et elles prouvent que nous avions raison de chercher à éclaircir cette opinion et à établir cette vérité. Serait-il possible maintenant de voir autre chose que l'effet d'une action électrique dans l'impression que produit la lumière sur les corps, et en général dans les modifications

de l'état moléculaire des surfaces et des masses quelle qu'en soit la cause apparente.

Lorsque l'on voit le rayonnement mettre en mouvement l'électricité d'une lame métallique peut-on voir l'action d'une autre force dans l'ébranlement moléculaire qui produit le changement de couleur du bleu de Prusse, du papier de Gayac, de l'iodide d'argent, etc., exposés à la lumière. On s'explique alors très bien l'influence du fluide lumineux sur les êtres du règne végétal et animal, on comprend qu'il soit non seulement utile, mais encore indispensable à leur existence, qu'il agisse sur leurs tissus, les colore et concourt à leur accroissement en favorisant l'assimilation des sucs vitaux, et leur transformation en substances molles ou résistantes.

Nous avons vu les corps solides s'influencer au contact par le seul effet du rapport de leur état électrique, et cette modification se manifester par la faculté qu'ils acquéraient de condenser les vapeurs d'une manière différente dans les endroits soumis à cette action et dans les autres points.

Nous aurions pu montrer aussi que la chaleur favorise l'action qui résulte du contact; en chauffant l'un des corps en présence de manière à produire une inégalité de température entre eux, on obtient après le refroidissement une image remarquable.

Si la force électrique est bien la cause de ce phénomène et que la lumière agisse réellement en vertu du même principe, nous devons retrouver en elle le même pouvoir.

Exposons donc à la radiation dans un appareil convenable une légère couche d'iodide d'argent, pendant un temps moins long que celui qui est nécessaire pour écrire ces mots, nous ne remarquerons aucun effet visible et cependant les atmosphères électriques des molécules ont dû éprouver un commencement de trouble dans leur équilibre. Pour vérifier cette supposition, exposons cette plaque dans cet état aux vapeurs du mercure, elles adhéreront précisément dans les points qui ont été éclairés, et cet effet justifierait ainsi notre assertion. Il n'est pas permis de résister à un pareil fait, qui montre évidemment la similitude qui existe entre la force qui détermine les influence du contact et celles de la lumière; si le moindre doute

subsistait encore, nous exposerions cet iodide d'argent dans l'obscurité au contact d'un corps quelconque d'agate, de métal, de corne, etc., sculpté, découpé et ciselé, et la plaque iodée, exposée ensuite aux vapeurs mercurielles, nous donnerait l'image exacte des objets qui y ont été apposées.

Une influence trop prolongée produirait, comme la lumière, la décomposition et le noircissement de l'iodide d'argent; cette substance est même si sensible que le contact n'est pas nécessaire et que les objets placés à une petite distance, toujours dans l'obscurité, impriment sur elles leurs images que les vapeurs peuvent ensuite rendre visibles.

Ces actions ne sont pas particulières à une substance ; une plaque d'argent ou de glace polie peuvent également être mises en état de condenser les vapeurs aqueuses ou mercurielles par leur exposition partielle à la radiation ou le conctact d'un corps échancré.

On ne nous contesterait plus maintenant je pense le droit de conclure que l'action mutuelle des corps et celle de la lumière sur eux, est due à une même force, à un même principe, qui entre dans la constitution de l'une et des autres. Or ce principe quel est-il ? il n'y a que deux réponses possibles et que l'on ne peut éluder ; il faut dire, avec quelques expérimentateurs, tous les corps agissent comme la lumière, donc tous renferment du fluide lumineux bien qu'il ne soit pas sensible à la rétine; mais nous avons vu que l'idée de lumière est complexe et renferme celle de pouvoir électrique ; ou il faut dire immédiatement, tous les corps, la chaleur et la lumière agissent en vertu du fluide électrique qui les pénètre et régit toute la nature.

Avant d'adopter cette opinion, quelques personnes voudraient peut-être encore savoir si l'électricité agissant directement, ne pourrait pas produire des effets analogues à ceux mentionnés ci-dessus, et rendre certaines surfaces aptes à condenser des vapeurs; elles peuvent espérer que cette satisfaction leur sera donnée, car des expériences dirigées dans ce but sont poursuivies par un homme habitué à vaincre toutes les difficultés à force de persévérance, par l'immortel auteur de la plus belle découverte des temps modernes. Déjà d'ailleurs on peut obtenir des images instantanées à l'aide d'électricité. : en posant une médaille

sur une plaque de verre placée elle-même dessus une plaque de métal et faisant tomber sur elle une étincelle électrique, on obtient une image sur la surface du verre; s'il y a plusieurs plaques de verre interposées, on obtient une image sur la face supérieure de chacune d'elles, mais plus faible sur celles qui sont plus éloignées de la médaille; ces images deviennent visibles en les exposant à la vapeur de l'eau, de l'iode ou du mercure.

Bien que nous ayons dit plus haut que les rayons dont se compose un faisceau de lumière avaient des propriétés différentes, ce n'est pas cependant que les facultés calorifiques, éclairantes et électriques soient nettement partagées entre eux, cela ne pourrait pas être puisqu'il y a une infinité de rayons intermédiaires à ceux que nous avons signalés; ils possèdent tous les mêmes propriétés, seulement avec un degré d'intensité très différent. Ainsi, lorsque la plaque d'argent légèrement iodée est exposée successivement à l'influence de tous les rayons colorés, on trouve que les rayons violets seuls peuvent produire l'action que nous avons déjà examinée; mais si l'iodide a été exposé à ces rayons un temps insuffisant même pour qu'il ait pu être mis en état de condenser les vapeurs de mercure, et qu'on l'expose ensuite à l'influence du rayon rouge, celui-ci possède alors la faculté de continuer l'action qui a été commencée, de mettre cette substance en état de condenser les vapeurs de mercure et de la noircir même si l'influence est assez prolongée.

Ceci nous fournit l'occasion de remarquer combien sont délicates les impressions de la lumière et du rayon violet; si nous ne pouvons les apprécier le plus souvent faute de moyens convenables, elles n'en n'existent pas moins, et nous devons en tenir compte dans l'étude de la nature.

Les rayons verts et jaunes possèdent aussi une action électrique et chimique spéciale, car si on leur soumet de l'iodide d'argent déjà noirci, et offrant une image négative, ils la changent en une positive, comme cela a lieu dans la lumière blanche, mais nullement sous l'influence du rayon violet.

Quand nous supposons que les pouvoirs calorifiques, électriques et lumineux, sont intimément liés et dépendants, il est évident que la

chose est possible, puisque nous voyons qu'ils sont réellement réunis et confondus dans le fluide lumineux, dont ils constituent essentiellement la nature, et qu'ils forment bien dans ce cas une seule individualité, une cause unique, se manifestant de diverses manières. Si l'on soustrait en partie à la lumière une de ses facultés, elle n'a plus qu'une existence incomplète, elle est privée de l'éclat qui la caractérise, et n'offre qu'un aspect terne et coloré ; cependant cette soustraction n'est que partielle, car chaque rayon possède encore, à l'intensité près, chacune des propriétés de la lumière, propriétés qui en font si réellement la substance que l'on ne peut concevoir aucune altération ultérieure qui n'en soit la destruction complète.

On ne peut révoquer en doute, quelque surprenante qu'elle paraisse, l'existence de cette trinité de puissance, dont chacune possède une manière d'agir spéciale, et qui ne forment cependant par leur réunion qu'un seul agent indécomposable; et l'on se croirait fondé à douter de l'action d'une cause commune dans l'électricité, la chaleur et la lumière; on voudrait méconnaître, dans des effets analogues et semblables, les manifestations d'un même principe, qui étant universellement répandu dans tous les produits de la création détermine tous les phénomènes qu'on y remarque, par la seule réaction qu'il exerce sur lui même. Parceque ces fluides ont chacun une action distincte à quelques égards, on ne peut être autorisé à nier qu'ils soient les agents d'une même force, car on conçoit très bien qu'un principe unique puisse avoir des manifestations nombreuses et d'autant plus variées qu'il est plus fécond ; *l'analogie et la similitude des effets doivent* alors être l'indice de l'identité de la cause.

L'exemple de la lumière nous apprend qu'il est possible de ramener l'action des trois fluides à celle d'un principe unique ; mais n'oublions pas que la discussion et les rapprochements qui précèdent ont montré de plus la vraisemblance de cette opinion. D'après ce que nous avons établi, les effets de l'électricité, du magnétisme et du galvanisme peuvent d'abord être attribués à un même agent, qui se traduit dans toutes les forces de la nature, explique la gravitation, l'attraction, l'affinité, la cohésion, la constitution moléculaire, et doit être regardé comme la source de tout mouvement des masses et

des molécules, le principe de la vie des êtres organisés. On le retrouve ensuite dans les actions du calorique et de la lumière déjà si semblables entre elles, et qui présentent tant d'analogie avec celles de l'électricité que l'on est obligé de reconnaître sa présence dans leur constitution.

La question de priorité entre les fluides ou l'action chimique et l'électricité ne peut être douteuse un instant ; le fluide électrique est de tous le plus simple, le plus puissant, le plus universel ; les actions chimiques et électriques sont, il est vrai, ordinairement simultanées, mais le mouvement du fluide peut ne pas produire l'ébranlement des molécules, tandis que ce dernier phénomène n'a jamais lieu sans être précédé et accompagné d'un trouble dans l'équilibre du fluide naturel, dont il est la conséquence ; d'autre part nous concevons l'électricité sans chaleur ni lumière, bien qu'elle puisse fournir les mêmes sensations que ces agents, mais il nous est impossible de comprendre le calorique et la lumière sans fluide électrique.

La source même la plus féconde de fluide lumineux et calorifique, le soleil, ne peut être conçu que comme le lieu d'une puissante action chimique et un immense foyer d'électricité; cette idée est d'ailleurs d'accord avec la théorie actuelle. Il est vraisemblablement à cet état d'incandescence et de fusion par lequel les géologues nous affirment que la terre a passé ; il s'y dév loppe une quantité considérable de fluide électrique qui l'enveloppe d'une atmosphère lumineuse et exerce sur les corps célestes une puissance d'attraction telle qu'il devient le centre et la cause de leurs mouvements absolus et relatifs ; chacun d'eux, et même les planètes et leurs satellites, sont aussi enveloppés et pénétrés d'une quantité d'autant plus considérable de ce fluide que leur ignition intérieure est plus générale et plus intense ; tous en sont abondamment p.urvus et lui doivent leur action réciproque sur les globes qui les entourent, et leur propriété lumineuse, qui pour les satellites paraît être reduite à une faculté réfléchissante variable avec l'état de leurs surfaces; leur éclat doit être plus vif suivant qu'elles sont en plus grande partie recouvertes de matières liquides, comme le fut sans doute aussi la terre pendant une autre période, qui a dû être, suivant les auteurs, d'une assez longue durée.

Ce système, qui admet une puissance unique et universelle, offre cela d'intéressant qu'il permet de déterminer la nature des forces dont on avait jusqu'à présent constaté seulement l'existence, d'apprécier et de classer les phénomènes naturels d'après de nouveaux rapports et donne aux études et aux expériences une direction favorable à la science.

Ainsi, peut-être, se fondant sur ce que les corps doivent leurs propriétés à leur état électrique, on arrivera à prouver que les différentes lois auxquelles ils obéissent doivent dépendre de cet état. Déjà on a remarqué que l'affinité s'y rapportait et que la chaleur spécifique des métaux et leur conductibilité paraissaient sensiblement plus faibles à mesure qu'ils étaient plus électro-positifs. Lorsqu'on voit en outre, comme l'a signalé M. Magonty, combien de causes peuvent faire varier les résultats dans la détermination des densités, on pourrait ajouter aussi dans celle de toutes les autres propriétés des corps, et que cependant les densités et les équivalents sont à peu près en rapports, on se sent porté à espérer que l'on parviendra à prouver la justesse de ceux-ci et, par exemple, que le pouvoir électrique est en raison directe de la densité et des équivalents et inversement proportionnel au pouvoir conducteur et à la chaleur spécifique. Il semble que les nombres exprimant ces propriétés qui présenteraient une telle relation offriraient par ce fait une garantie de leur exactitude.

Quel que puisse être enfin la réalité des avantages de la théorie que nous avons exposée, nous la soumettons timidement à l'appréciation des examinateurs, plein de confiance cependant que leur jugement sera empreint de bienveillance.

Nous avons groupé des faits dont un grand nombre étaient encore épars et cherché à en tirer des conséquences qui, si elles sont contestables, nous paraissent néanmoins dignes de fixer l'attention; mais notre principal but était de donner en cette occasion une preuve d'un travail sérieux, et nous serons satisfaits si on nous permet de croire que nous l'avons atteint.

